

**Белорусский национальный технический университет**  
Факультет горного дела и инженерной экологии  
Кафедра «Экология»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г.И. Морзак

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

\_\_\_\_\_ П.В. Цыбуленко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И  
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. РАДИАЦИОННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ»**

для студентов всех специальностей

Под редакцией И.В.РОЛЕВИЧА

Составители: Г.И. Морзак, И.В. Ролевич, Л.Н. Гордеева, Е.В. Зеленуха,  
Л.Н. Цуприк

Рассмотрено и утверждено

на заседании совета факультета горного дела и инженерной экологии  
«25» марта 2013 г., протокол № 07

## **Перечень материалов**

Учебно-методический комплекс (УМК) содержит сведения о новейших достижениях в области защиты населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций и радиационной безопасности, необходимые студенту для выполнения лабораторных и практических работ. В УМК приведены основные методики по обнаружению и измерению ионизирующих излучений, даётся общее представление о радиации, радионуклидах, последствиях катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции, методы оценки радиационной и химической обстановки. Представлены методики измерения доз излучения, радиоактивности почвы, строительных материалов, продуктов питания, даров леса, сведения о радиационной разведке и др. для использования их студентами, описания различных типов дозиметров и радиометров, порядок подготовки их к работе, её выполнения и оформления. Вторая часть УМК состоит из 4 глав: 1) теоретические основы безопасности жизнедеятельности человека, 2) краткая характеристика чрезвычайных ситуаций, 3) предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование на них и 4) действия органов управления, сил государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и населения в чрезвычайных ситуациях. В пособии большое внимание уделяется чрезвычайным ситуациям, характерным для Республики Беларусь, последствиям радиационных и химических аварий, освоению способов оказания первой медицинской помощи после дорожно-транспортных происшествий и др. УМК предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов и педагогов.

## **Пояснительная записка**

*Цели ЭУМК* – теоретическое и практическое обучение студентов фундаментальным вопросам безопасности жизни и профессиональной деятельности в условиях современной природной, техногенной, экологической, социальной и биологосоциальной обстановки, основам организации защиты людей и объектов при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

*Особенности структурирования и подачи учебного материала* – УМК состоит из двух частей: «Радиационная безопасность» (часть I) и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» (часть II). Часть I состоит из следующих разделов: 1. Физическая природа и источники радиационной опасности; 2. Основы радиационной безопасности живых организмов; 3. Катастрофа на Чернобыльской атомной электростанции и ее последствия для Республики Беларусь; 4. Мероприятия по защите населения от ионизирующего излучения. Часть II – из следующих разделов: 1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности человека; 2. Краткая характеристика чрезвычайных ситуаций; 3. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование на них; 4. Действия органов управления, сил государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и населения в чрезвычайных ситуациях.

*Рекомендации по организации работы с УМК (ЭУМК)* – рекомендуется использовать при изучении дисциплины дифференцированный подход в связи с обучением студентов различных специальностей, специализаций и профилей

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

А – ампер	км <sup>2</sup> – квадратный километр	% – процент
АХОВ – аварийные химические опасные вещества	кПа – кило Паскаль	ПРВС – паровоздушные смеси
АЭС – атомная электростанция	л – литр	ПРУ – противорадиационное укрытие
Бк – Беккерель	ЛВГЖ – легковоспламеняющиеся горючие жидкости	Р – рентген
БОВ – боевые отравляющие вещества	lg – логарифм	РА – радиоактивный
БС – биологические (бактериологические) средства	ЛПЭ – линейная передача энергии	РАИ – радиоактивное излучение
ВВ – взрывчатые вещества	м – метр	РАОО – радиационно-опасный объект
Вт – ватт	м <sup>2</sup> – квадратный метр	РБ – Республика Беларусь
г – грамм	мг – миллиграмм	РВ – радиоактивные вещества
г. – год	мин. – минута	РЗ – радиоактивное загрязнение
ГВС – газоздушные смеси	мкг – микрограмм	с – секунда
ГО – гражданская оборона	мкм – микрометр	с. – страница
Гр – Грей	мл – миллилитр	°С – градус Цельсия
ГСЧС – Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций	млн. – миллион	СИ – система интернациональная
Дж – джоуль	мм – миллиметр	СИЗ – средства индивидуальной защиты
дм – дециметр	мм. рт. ст. – миллиметр ртутного столба	см – сантиметр
ДТП – дорожно-транспортное происшествие	мм <sup>2</sup> – квадратный миллиметр	см. смотри
Зв – Зиверт	МэВ – миллион электрон-вольт	СМПЧС – система мониторинга и прогнозирования
ЗС – защитные сооружения	ОВ – отравляющие вещества	T <sub>1/2</sub> – период полураспада
ИИИ – источник ионизирующих излучений	ОчП – очаг поражения (ХП, БП, ЯП, КП) (химического бактериологического, ядерного, комбинированного поражения)	ТВС – топливоздушная смесь
кал – калория	ОЭ – объект экономики	тыс. – тысяча
кг – килограмм	ПДК (ПДУ, ПДД) – предельно допустимая концентрация (уровень, доза)	УВВ – ударная воздушная волна
Ки – Кюри	ПЛВС – пылевоздушные смеси	ч. – час
Кл – кулон	ПОО – потенциально опасный объект	ЧС – чрезвычайная ситуация
км – километр	ПР и ПХЗ – противорадиационная и противохимическая защита	эВ – электрон-вольт

## **НОРМАТИВНО ПРАВОВЫЕ АКТЫ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ<sup>1</sup>**

Конституция Республики Беларусь от 15 марта 1994 г. с изменениями и дополнениями, принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.

### Законы Республики Беларусь:

1. От 3 ноября 1992 г. «Об обороне».
2. От 15 июня 1993 г. «О пожарной безопасности»
3. От 19 сентября 1996 г. «Об охране и использовании животного мира».
4. От 15 апреля 1997 г. «Об охране атмосферного воздуха».
5. От 30 декабря 1997 г. «О массовых мероприятиях в Республике Беларусь».
6. От 5 января 1998 г. «О радиационной безопасности населения».
7. От 5 мая 1998 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
8. От 10 января 2000 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
9. От 6 июня 2001 г. «О перевозке опасных грузов».
10. От 3 января 2002 г. «Об утверждении военной доктрины Республики Беларусь».
11. От 24 июня 2002 г. «О чрезвычайном положении».
12. Закон Республики Беларусь от 17 июля 2002 г. «Об охране окружающей среды».
13. От 13 января 2003 г. «О военном положении».
14. От 27 ноября 2006 г. «О гражданской обороне».
15. От 30 июля 2008 г. «Об использовании атомной энергии».

Концепция национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 09 ноября 2010 № 575.

### Постановления Совета Министров Республики Беларусь:

1. От 19 ноября 2004 г. № 1466 «Об утверждении Положения о системе мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. От 31 декабря 2008 г. № 2056 «О некоторых вопросах осуществления государственного надзора в области промышленной безопасности, безопасности перевозки опасных грузов, обеспечения ядерной и радиационной безопасности», утвердившее: «Положение о государственном надзоре в области безопасности перевозки опасных грузов» и «Положение о государственном надзоре в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности».

---

<sup>1</sup>Нормативно правовые акты в области защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций периодически обновляются и преподавателю необходимо об этом информировать учащихся.

3. От 2 марта 1993 г. № 117 «О создании службы экстренной медицинской помощи Республиканской системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях».

4. От 31 января 2008 г. № 134 «Положение о порядке строительства и содержания объектов ГО», производственных объектов Республики Беларусь».

5. От 10 апреля 2001 г. № 495 «О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

Ведомственные нормативно правовые документы:

1. Постановление МЧС Республики Беларусь от 24 февраля 2005 г. № 22 «Инструкция о порядке эксплуатации защитных сооружений ГО».

2. Приказ Проматомнадзора от 19 декабря 2003 г. № 141 «Об утверждении Методических рекомендаций по идентификации опасных производственных объектов».

3. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси./Справочник Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

4. Состояние экологической среды Беларуси. Ежегодный экологический бюллетень - Мн.

5. Нормы радиационной безопасности НРБ-2000.

6. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСП-2002.

7. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь НПБ111-2005.

Межгосударственные стандарты:

1. Система стандартов «22. Безопасность в чрезвычайных ситуациях». Включает в себя 10 групп стандартов.

2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. / Межгосударственный стандарт. – Мн.: 1997.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации./ Межгосударственный стандарт. – Мн.: 1997.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации./ Межгосударственный стандарт. – Мн.: 1997.

5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Биолого-социальные чрезвычайные ситуации./ Межгосударственный стандарт. – Мн.: 1997.

«...Отношение людей к той или иной опасности определяется тем, насколько хорошо она им знакома».

## ВВЕДЕНИЕ

Система непрерывного образования в области «Защиты населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационной безопасности» предусматривает создание учебно-методического комплекса по данному предмету для решения задач Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь (НСУР–2020). Такой комплекс является одним из вариантов нового поколения учебной литературы. В представленном нами учебно-методическом комплексе изложены особенности мер защиты населения, объектов и радиационной безопасности, как в аварийных условиях, так и при обычных условиях, систематизирована и обобщена современная практическая и теоретическая информация по дисциплине, а также даны рекомендации по профилактике чрезвычайных ситуаций (ЧС) на опасных объектах.

Учебно-методический комплекс предназначен для более эффективного изучения предмета. Является одним из элементов организации образовательной деятельности по очной, заочной и очно-заочной формам обучения. Повышает качества усвоения учебного материала и совершенствует экологические знания специалистов. Объединяет теоретические знания по защите населения, объектов и радиационной безопасности с лабораторными и практическими занятиями. Основной целью предлагаемого учебно-методического комплекса является выработка у студентов практических навыков в решении задач по безопасному проживанию и мотивации к самостоятельной работе.

Весь курс занятий по предмету «Защита населения и объектов от ЧС. Радиационная безопасность» рассчитан на 68 часов аудиторных занятий и завершается экзаменом или зачетом. Он условно разделен на два раздела: 1) радиационную безопасность (часть I) и 2) защиту населения и объектов от чрезвычайных ситуаций (часть II).

Согласно программе, в разделе «Радиационная безопасность» (часть I) примерное распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: всего количество аудиторных часов – 26<sup>2</sup> часов, в том числе, лекции – 12 часов, лабораторные занятия – 8<sup>3\*</sup> часов, практические (семинарские) занятия –

---

<sup>2</sup>Существует предложение о сокращении количества аудиторных часов по разделу «Радиационная безопасность» до 14 часов.

<sup>3\*</sup> Для специальностей нетехнического профиля по решению Совета вуза лабораторные занятия могут проводиться и в компьютерных аудиториях с использованием обучающих, тестирующих и игровых компьютерных программ. Вопрос о делении учебной группы на подгруппы зависит от количества компьютеров в аудитории.

6 часов<sup>4</sup>. Эта учебная нагрузка по темам и видам занятий примерно распределяется следующим образом:

1. Физическая природа и источники радиационной опасности: всего 8 часов, в том числе лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2\*, практические (семинарские) занятия – 2.

2. Основы радиационной безопасности живых организмов: всего 6 часов, включая, лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2\*.

3. Катастрофа на Чернобыльской АЭС и ее последствия для Республики Беларусь: всего – 4 часа, в том числе, лекции 2 часа, лабораторные занятия – 2\* часа.

4. Мероприятия по защите населения от ионизирующего излучения: всего – 8 часов, включая лекции – 2 часа, лабораторные занятия – 2\* часа, практические (семинарские) занятия – 4 часа.

Во второй части нагрузка распределяется следующим образом: лекции – 22 часа, практические (семинарские) занятия – 20 часов. Нагрузка по темам и видам занятий в разделе предмета «Защита населения и объектов от ЧС» распределяется примерно следующим образом:

1. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности человека – всего 6 часов, в т.ч. лекции – 4 часа, практические (семинарские) занятия – 2 часа.

2. Краткая характеристика ЧС – всего 8 часов, в т.ч. лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 2 часа.

3. Предупреждение ЧС и реагирование на них – всего 14 часов, в т.ч. лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 8 часов.

4. Действия органов управления, сил Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и населения в ЧС – всего 14 часов, в т.ч. лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 8 часов.

Выражаем сердечную благодарность бывшим сотрудникам кафедры «Экология» Батыреву В.А., Бубнову В.П., Дорожко С.В., Пустовиту В.Т., Смирновой Е.К. и др., методики которых мы включили в данный учебно-методический комплекс, Басалай И.А. – за помощь в подготовке таблицы приложения.

---

<sup>4</sup> Учитывая различие специальностей, получаемых студентами БНТУ, преподавателям предоставляется возможность выбора, т.к. в пособии представлены лабораторных занятий – на 14 часов, практических (семинарских) занятий – на 8 часов.

## ЧАСТЬ I РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Предмет «Защита населения и хозяйственных объектов от ЧС. Радиационная безопасность» является научно-практической дисциплиной, исследующей общие закономерности опасных явлений и разрабатывающей методы и средства защиты человека и хозяйственных объектов от их проявления и решающей комплекс теоретических и практических задач, связанных с уменьшением возможности возникновения аварийных ситуаций и несчастных случаев на опасных объектах.

Служит научной и методологической основой для многочисленных дисциплин, таких, например, как безопасная жизнедеятельность, охрана труда, гражданская оборона (ГО) и т.д. Включает в себя знания физики, химии, радиобиологии, радиоэкологии и др.

Поэтому целью преподавания является теоретическое и практическое обучение студентов в области безопасности жизнедеятельности, основам организации защиты населения и объектов от ЧС. Задачами преподавания является изучение: ЧС, характерных для Республики Беларусь (РБ), их возможных последствий для здоровья и жизни людей, экономики и природной среды; системы мониторинга, методы прогнозирования ЧС и мероприятия по их предупреждению; способов выживания человека в ЧС; структуры, задач, функции и возможности Государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС, системы гражданской обороны, населения; концептуальных основ функционирования экономики и обеспечения безопасности в условиях ЧС; основ радиационной безопасности человека и его выживания в условиях радиоактивного загрязнения и др.

Основными правовыми и нормативно-техническими документами по защите населения от чрезвычайных ситуаций являются Законы РБ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера», «О радиационной безопасности населения», «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий», «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС», «Нормы радиационной безопасности НРБ-2000» и др.

Основные понятия, используемые при изучении предмета даны в глоссарии учебно-методического комплекса.





Рис. 1. Опасные с точки зрения возможного возникновения чрезвычайной ситуации объекты в Беларуси

Площадь территории Беларуси составляет 207,6 тыс. км<sup>2</sup>. С запада на восток она протянулась на 650 км и с севера на юг - на 560 км. На более чем 500 предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности, объектах жилищно-коммунального и сельского хозяйства находятся крупные запасы химически опасных веществ, которые сосредоточены. К химически опасным отнесены 19 городов Беларуси. Большую опасность для населения представляют взрывопожароопасные объекты и склады взрывчатых и пожароопасных веществ (рис. 1).

В Беларуси работает почти 540 химически опасных и свыше 400 взрывопожароопасных предприятий. В составе опасных химических веществ наибольший удельный вес занимают аммиак – 50,7%, метанол – 25,7% и нитрил акриловой кислоты – 10%.

В республике функционирует 90 баз и складов взрывчатых и пожароопасных веществ Министерства обороны. Через территорию РБ проложено почти 7 тыс. км магистральных газопроводов, нефте- и продуктопроводов. Протяженность железнодорожных магистралей составляет более 5,5 тыс. км, автомагистралей – свыше 40 тыс. км.

38 экологически опасных экономических объектов сосредоточено в городе Минске. Запас сильнодействующих ядовитых веществ на этих объектах Минска составляет: аммиака – 284,92 т, хлора – 40,6, соляной кислоты – 184,32, серной кислоты – 271, азотной кислоты – 13,81, ацетона – 0,54, моносилана – 0,82, ортофосфорной кислоты – 45, уксусной кислоты – 2 т.

Все эти объекты представляют опасность с точки зрения возможности возникновения ЧС.

# 1 ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ (лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2 часа, практические (семинарские) занятия – 2 часа)

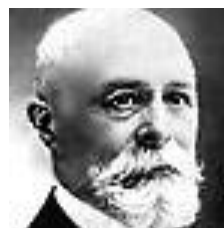
## 1.1 ЛЕКЦИЯ: РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЯДЕР (2 часа)

**План лекции:** Общие сведения об атоме и атомном ядре. Явление радиоактивности. Виды превращений. Основной закон радиоактивного распада радионуклида. Единицы радиоактивности. Активность и единицы ее измерения. Радиоактивные ряды. Виды и характеристики ионизирующих излучений. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Базовые, нормируемые и рабочие величины в радиационной безопасности.

**Радиоактивность** – это свойство некоторых нестабильных атомов подвергаться спонтанному (самопроизвольному) распаду и изменению своего нуклонного состава (количество протонов и нейтронов в ядре) и (или) энергетического состояния с образованием новых более стабильных атомов и испусканием ионизирующих излучений с большей или меньшей проникающей способностью.

Радиоактивностью обладают некоторые нестабильные элементы, способные самопроизвольно распадаться или изменять свой нуклонный состав, испуская ионизирующие излучения.

Естественная радиоактивность урана была открыта в мае 1896 г. французским ученым физиком Анри Беккерелем. За полгода до него (8 ноября 1895 г.) физик Вюрцбургского (Германия) университета Вильгельм Конрад Рентген открыл антропогенное излучение «катодной трубки» (X-лучи). Оба в последующем стали лауреатами Нобелевской премии.



А. Беккерель  
(1852-1908)



В. К. Рентген  
(1845 - 1923)



Мария Складовская-Кюри  
(1867 – 1934)



Пьер Кюри  
(1859 - 1906)

В 1898 г. ученица Беккереля Мария Складовская-Кюри (в последующем дважды лауреат Нобелевской премии) и ее муж Пьер Кюри обнаружили, что торий также испускает лучи Беккереля, названные ими «радиоактивностью». Они выделили еще два радиоактивных элемента – полоний и радий. Самопроизвольный распад ядер описывается уравнением:

$$m_t = m_0 \cdot (1/2)^{t/T_{1/2}}, \quad (1.1.1)$$

Свойством радиоактивности обладают все элементы таблицы Менделеева тяжелее висмута-83 ( $^{83}\text{Bi}$ ) и два более легких элемента: технеций-43 ( $^{43}\text{Tc}$ ) и прометий-61 ( $^{61}\text{Pm}$ ).

Нестабильность атомов объясняется конкуренцией между притяжением нуклонов ядерными силами и кулоновским отталкиванием протонов. Если ядро содержит значительно больше протонов, чем нейтронов, то нестабильность обуславливается избытком энергии кулоновского взаимодействия. Ядра, содержащие избыток нейтронов над числом протонов, оказываются нестабильными, т.к. масса нейтрона превышает массу протона. Радиоактивность – самое древнее явление в природе. Оно существовало до возникновения Земли. Из имеющихся в природе почти 3 тыс. химических элементов стабильными являются около 300.

В соответствии с планетарной моделью атома, предложенной Э. Резерфордом, ядро атома – центральная положительно заряженная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов, и вращающиеся вокруг ядра электроны. В ядре сосредоточена почти вся масса атома (более 99,95%). Размеры его составляют  $10^{-10} - 10^{-15}$  м (рис. 1.1.1).

Число электронов равно числу протонов (атом электронейтрален). Заряд ядра ( $Z$ ) равен числу протонов ( $Z = N_p$ ). Число положительно заряженных протонов  $N_p$  в ядрах атомов определяет *атомное число элемента* ( $Z$ ) и атомный номер химического элемента в таблице Менделеева (рисунки 1.1.3). Общее число нуклонов в ядре ( $N_p + N_n$ ) определяет массовое число, которое записывают буквой  $A$ . Общее название протона и нейтрона – *нуклон*.

Нуклид (химический элемент) обозначают в таблице Менделеева символом  $X$  и указывают  $A$  и  $Z$ :  ${}^A_ZX$ . Например,  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ . *Ядра с одним и тем же зарядом, но с разными массовыми числами (одинаковым количеством протонов и разным – нейтронов) называют **изотопами**.*

В строении материи различают пять ступеней: 1) молекула, 2) атом, 3) ядро, 4) протон-нейтрон, 5) кварки, фермионы, бозоны...и т.д. (рис. 1.1.2).

*Дефект массы (избыток массы) – разность между атомной массой изотопа и его массовым числом. Разность суммы дефектных масс продуктов реакции и суммы дефектных масс исходных ядер равна энергии, выделяемой при экзотермических, или поглощаемой при эндотермических реакциях.*

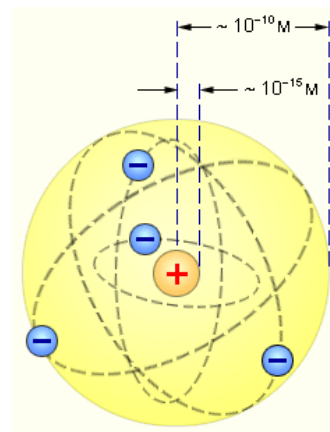


Рис. 1.1.1.

Планетарная модель атома Резерфорда. Показаны круговые орбиты четырех электронов

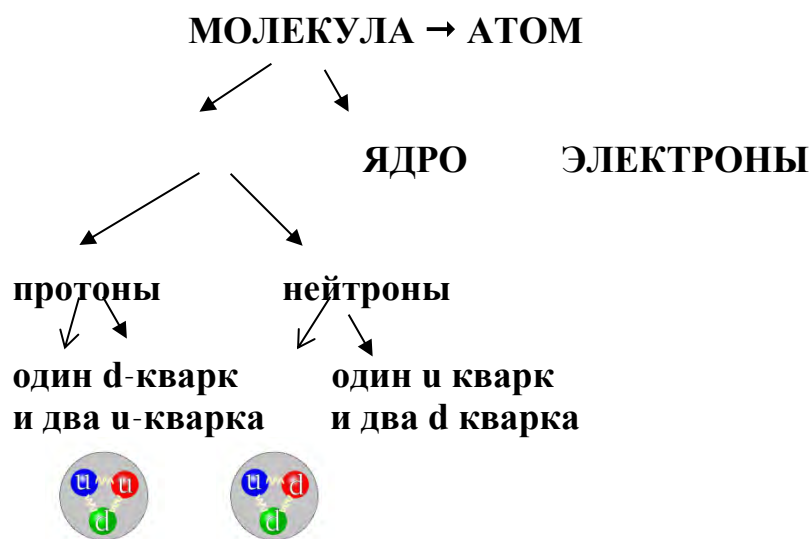
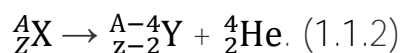


Рис. 1.1.2. Ступени строения материи

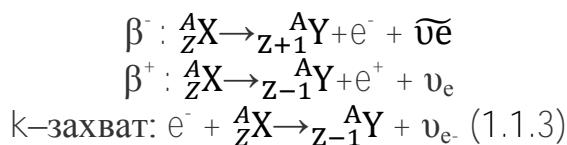
Виды радиоактивного распада объединяют в две группы *радиоактивных превращений*: *элементарные* (одноступенчатые) и *сложные* (двухступенчатые) превращения. *Элементарные превращения* делят на  $\alpha$ -распад, все варианты  $\beta$ -распада,  $\gamma$ -излучение, кластерный распад, спонтанное деление тяжёлых ядер, протонную, дупротонную и двунейтронную радиоактивности, изомерические переходы, внутреннюю конверсию.

*Альфа-распад* ( $\alpha$ -распад), заключается в самопроизвольном испускании ядром  $\alpha$ -частицы (ядра гелия  ${}^4_2\text{He}$ ), состоящей из 2 протонов и 2 нейтронов. Схема  $\alpha$ -распада:



Образуется дочерний химический элемент, находящийся в таблице Менделеева на 2 клеточки слева от материнского – левый сдвиг элемента (рис. 1.1.3).

*Бета-распадом* ( $\beta$ -распад) называют процесс самопроизвольного превращения радиоактивного ядра в изобарное ядро с испусканием электрона или позитрона. Известны три вида  $\beta$ -распада: электронный ( $\beta^-$ -распад), позитронный ( $\beta^+$ -распад) распады и электронный захват (например, k-захват). В процессе  $\beta$ -распада в ядре атома протон превращается в нейтрон или нейтрон – в протон с выбросом  $\beta$ -частиц (позитрона или электрона). Схемы  $\beta$ -распадов:



Периоды	Ряды	Группы элементов																				
		I		II		III	IV		V		VI		VII		VIII		0					
		-	R <sub>2</sub> O	-	RO	-	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RH <sub>4</sub>	RO <sub>2</sub>	RH <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RH <sub>2</sub>	RO <sub>3</sub>	RH	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>			RO <sub>4</sub>	-	-		
1	I	<b>H</b> 1.00794 водород	<b>1</b>																<b>2</b> 4.00260 гелий			
2	II	<b>Li</b> 6.941 литий	<b>3</b>	<b>Be</b> 9.01218 бериллий	<b>4</b>	<b>5</b> бор	<b>6</b> 10.81 углерод	<b>7</b> 12.011 азот	<b>8</b> 15.9994 кислород	<b>9</b> 18.998403 фтор								<b>10</b> 20.179 неон				
3	III	<b>Na</b> 22.98977 натрий	<b>11</b>	<b>Mg</b> 24.305 магний	<b>12</b>	<b>13</b> 26.98154 алюминий	<b>14</b> 28.0855 кремний	<b>15</b> 30.97376 фосфор	<b>16</b> 32.06 сера	<b>17</b> 35.453 хлор								<b>18</b> 39.948 аргон				
4	IV	<b>K</b> 39.098 калий	<b>19</b>	<b>Ca</b> 40.08 кальций	<b>20</b>	<b>Sc</b> 44.9559 скандий	<b>21</b>	<b>Ti</b> 47.90 титан	<b>22</b>	<b>V</b> 50.9415 ванадий	<b>23</b>	<b>Cr</b> 51.996 хром	<b>24</b>	<b>Mn</b> 54.9380 марганец	<b>25</b>	<b>Fe</b> 55.847 железо	<b>26</b>	<b>Co</b> 58.9332 кобальт	<b>27</b>	<b>Ni</b> 58.70 никель	<b>28</b>	
	V	<b>29</b> 63.546 медь	<b>Cu</b>	<b>30</b> 65.38 цинк	<b>Zn</b>	<b>31</b> 69.72 галлий	<b>Ga</b>	<b>32</b> 72.59 германий	<b>Ge</b>	<b>33</b> 74.9216 мышьяк	<b>As</b>	<b>34</b> 78.96 селен	<b>Se</b>	<b>35</b> 79.904 бром	<b>Br</b>							<b>36</b> 83.80 криптон
5	VI	<b>Rb</b> 85.4678 рубидий	<b>37</b>	<b>Sr</b> 87.62 стронций	<b>38</b>	<b>Y</b> 88.9059 иттрий	<b>39</b>	<b>Zr</b> 91.22 цирконий	<b>40</b>	<b>Nb</b> 92.9064 ниобий	<b>41</b>	<b>Mo</b> 95.94 молибден	<b>42</b>	<b>Tc</b> 98.9062 технеций	<b>43</b>	<b>Ru</b> 101.07 рутений	<b>44</b>	<b>Rh</b> 102.9055 родий	<b>45</b>	<b>Pd</b> 106.4 палладий	<b>46</b>	
	VII	<b>47</b> 107.8682 серебро	<b>Ag</b>	<b>48</b> 112.41 кадмий	<b>Cd</b>	<b>49</b> 114.82 индий	<b>50</b> 118.69 олово	<b>51</b> 121.75 сурьма	<b>Sb</b>	<b>52</b> 127.60 теллур	<b>53</b> 126.9045 йод											<b>54</b> 131.30 ксенон
6	VIII	<b>Cs</b> 132.9054 цезий	<b>55</b>	<b>Ba</b> 137.33 барий	<b>56</b>	<b>57</b> La-Lu лантаноиды	<b>71</b>	<b>Hf</b> 178.49 гафний	<b>72</b>	<b>Ta</b> 180.9479 тантал	<b>73</b>	<b>W</b> 183.85 вольфрам	<b>74</b>	<b>Re</b> 186.207 рений	<b>75</b>	<b>Os</b> 190.2 осмий	<b>76</b>	<b>Ir</b> 192.22 иридий	<b>77</b>	<b>Pt</b> 195.09 платина	<b>78</b>	
	IX	<b>79</b> 196.9665 золото	<b>Au</b>	<b>80</b> 200.59 ртуть	<b>Hg</b>	<b>81</b> 204.37 таллий	<b>82</b> 207.2 свинец	<b>83</b> 208.9804 висмут	<b>Bi</b>	<b>84</b> [209] полоний	<b>85</b> [210] астат											<b>86</b> [222] радон
7	IX	<b>Fr</b> [223] франций	<b>87</b>	<b>Ra</b> 226.0254 радий	<b>88</b>	<b>89</b> Ac-(Lr) актиноиды	<b>103</b>	<b>Ku</b> [261] курчатовий	<b>104</b>	<b>Ns</b> [261] нильсборий	<b>105</b>											

Рис. 1.1.3. Периодическая таблица химических элементов Менделеева

Здесь  $e^-$ ,  $e^+$  – символы электрона и позитрона,  $\nu_e$ ,  $\bar{\nu}_e$  – символы нейтрино и антинейтрино.

Образующиеся дочерние химические элементы находятся в таблице Менделеева на 1 клеточку слева ( $\beta^+$  и  $\kappa$ -захват), либо справа ( $\beta^-$ ) от материнского – левый, или правый сдвиг элемента, соответственно.

*Активность* – мера радиоактивности. Определяет количество распадающихся атомных ядер или число актов распада за одну секунду.

$$A = dN/dt. \quad (1.1.4)$$

Измеряется в Беккерелях (Бк) – системной единице, либо Кюри (Ки) – внесистемной единице. Один Беккерель составляет приблизительно  $2,7 \cdot 10^{-11}$  Ки. 1 Кюри – это огромная величина, она равна  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядерных превращений в секунду (Бк). Такой активностью обладает 1 г радия. Другой внесистемной единицей активности является резерфорд (Рд):  $1 \text{ Рд} = 10^6 \text{ Бк}$ .

Для характеристики уровня загрязнения радионуклидами объектов используют следующие величины:

1) Удельную активность ( $A_m$ ) – активность 1 кг твердых или сыпучих образцов:

$$A_m = \frac{A}{m} \text{ (Бк/кг)} \quad (1.1.5)$$

2) Объемную активность ( $A_v$ ) – активность 1 л или  $1 \text{ м}^3$  жидких или газообразных образцов:

$$A_v = \frac{A}{V} \text{ Бк/м}^3, \text{ Бк/см}^3 \text{ и т.п.} \quad (1.1.6)$$

3) Поверхностную активность ( $A_s$ ) – активность единицы площади поверхности:

$$A_s = \frac{A}{S} \text{ (Бк/м}^2, \text{ ПБк/м}^2 \text{)}^5. \quad (1.1.7)$$

4) Молярную активность ( $A_\mu$ ) – активность 1 моля вещества:

$$A_\mu = \frac{A}{\mu} \text{ (Бк/моль)}. \quad (1.1.8)$$

Закон радиоактивного распада – экспоненциальная зависимость, выражающая долю распавшихся радиоактивных изотопов с течением времени.

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1.1.9)$$

где  $N_0$  – начальное число атомов для  $t = 0$ ,  $N_t$  число атомов, оставшихся к моменту  $t$  (время в секундах),  $e$  – основание натурального логарифма ( $e = 2,718$ ),  $\lambda$  – постоянная распада радионуклида.

Период полураспада,  $T_{1/2}$  – время, за которое число радиоактивных ядер уменьшается в 2 раза. У каждого радионуклида свой период полураспада, он

<sup>5</sup> В работе используют общепринятые приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц (табл. 1.1.1).

может составлять как доли секунды, так и миллиарды лет. Период полураспада любого радионуклида постоянен, и изменить его невозможно.

Таблица 1.1.1.

### Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Название приставки	Обозначение приставки		Коэффициент умножения, соответствующий приставке	Примеры	
	русское	международное			
Кратные	пета-	П	Р	$10^{15}$	пентакюри
	тера-	Т	Т	$10^{12}$	терабеккерель
	гига-	Г	G	$10^9$	гигакюри
	мега-	М	M	$10^6$	мегагрей
	кило-	к	k	$10^3$	килобеккерель
	гекто-	г	h	$10^2$	гектоватт
	дека-	да	da	$10^1$	декакюри
Дольные	деци-	д	d	$10^{-1}$	дециметр
	санти-	с	c	$10^{-2}$	сантиметр
	милли-	м	m	$10^{-3}$	миллиметр
	микро-	мк	μ	$10^{-6}$	микроампер
	нано-	н	n	$10^{-9}$	нанокюри
	пико-	п	p	$10^{-12}$	пикогрей

Пример образования кратных и дольных от единиц с составным наименованием: 1 кДж (килоджоуль)/кг =  $10^3$  Дж/кг, 1мЗв (миллизиверт) =  $10^{-3}$  Зв, 1мкЗв (микрозиверт) =  $10^{-6}$  Зв и т.д.

Чем больше период полураспада и массовое число радиоактивного элемента, тем большее его количество соответствует одному Кюри (1 Ки). Например, 1 Ки соответствует: 1 мг  $^{60}\text{Co}$  ( $T_{1/2} = 5$  лет), 1 г  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1590$  лет), 16 г  $^{239}\text{Pu} = 2400$  лет), 570 кг  $^{235}\text{U}$  ( $T_{1/2} = 880$  млн. лет). Его рассчитывают по формуле:

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \tau \cdot \ln 2 = 0,693 \cdot \tau, \quad (1.1.10)$$

где  $\lambda$  – постоянная распада радионуклида,  $\tau$  – среднее время жизни радиоактивного ядра.

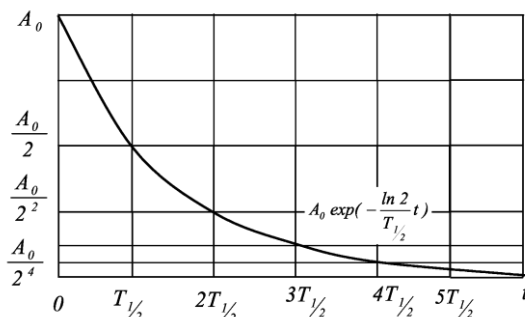


Рис. 1.1.4. Превращение радионуклидов

Убывание количества распадающихся ядер радионуклида происходит по экспоненте (рис. 1.1.4). Поэтому полностью радионуклид не исчезнет никогда.

Константа (постоянная) распада,  $\lambda$  – это вероятность распада ядра в единицу времени  $\Delta t = 1$  с. Константа  $\lambda$  характеризует неустойчивость ядер радиоактивного изотопа. Она равна:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \frac{-dN}{N dt} \quad (1.1.11)$$

Радиоактивные ряды (семейства) – цепочки радиоактивных превращений. Различают три естественных радиоактивных ряда и один искусственный. Естественные ряды: ряд тория ( $4n$ ) – начинается с нуклида Th-232; ряд радия ( $4n+2$ ) – начинается с U-238; ряд актиния ( $4n+3$ ) – начинается с U-235. Искусственный ряд: ряд нептуния ( $4n+1$ ) – начинается с Np-237. После  $\alpha$ - и  $\beta$ -радиоактивных превращений ряды заканчиваются образованием стабильных изотопов.

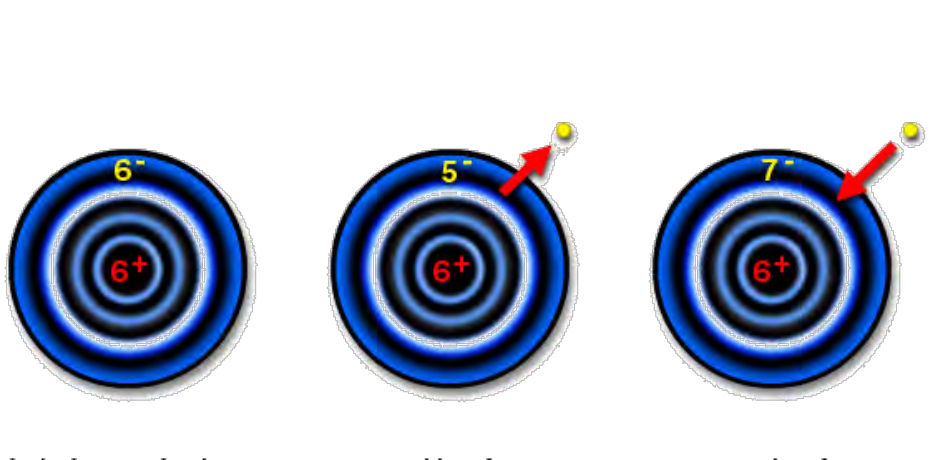


Рис. 1.1.5. Образование ионов, заряженных положительно и отрицательно

**Ионизирующие излучения** – излучения различных видов микрочастиц и физических полей, способных ионизировать вещество (рисунок 1.1.5). К ним относят коротковолновое электромагнитное излучение (рентгеновское и  $\gamma$ -излучения), потоки заряженных частиц:  $\beta$ -частиц (электронов и позитронов),  $\alpha$ -частиц (ядер атома гелия-4), протонов, др. ионов, мюонов, нейтронов и др. Различные виды излучений обобщает понятие *радиация*. Их делят на природные и антропогенные, фотонные и квантовые, заряженные и незаряженные излучения. Заряженные излучения:

1) **Альфа-излучение** ( $\alpha$ -излучение) представляет собой поток  $\alpha$ -частиц с электрическим зарядом  $+2$ , испускаемых при радиоактивном распаде элементов тяжелее свинца с № в таблице Менделеева  $> 83$  (например, урана, тория, радия, плутония), или образующихся в ходе ядерных реакций.  $\alpha$ -Частица фактически является ядром гелия ( ${}^4_2\text{He}$ ), состоящими из двух протонов и двух нейтронов (статический электрический заряд равен  $+2$ , массовое число – 4).

Скорость  $\alpha$ -частицы при вылете из ядра – от 12 до 20 тыс. км/с. В вакууме  $\alpha$ -частица могла бы обогнуть земной шар по экватору за 2 с. Ионизирующая способность  $\alpha$ -излучения в воздухе характеризуется образованием в среднем



30 тыс. пар ионов на 1 см пробега. Длина пробега в воздухе примерно 2,5 см, в воде или в мягких тканях животных и человека – сотые доли миллиметра.  $\alpha$ -Частицы задерживает обычный лист бумаги (0,1 мм), магнитным полем отклоняются слабо.

2) *Бета-излучение* ( $\beta$ -излучение) – поток отрицательно заряженных электронов или положительно заряженных позитронов с массой, равной  $1/1837$  массы протона, образующихся при  $\beta$ -распаде различных элементов от самых легких (нейтрон) до самых тяжелых (радий-228). Ионизирующая способность электронов или позитронов меньше, чем у  $\alpha$ -частицы, и составляет в воздухе 40–150 пар ионов на 1 см пробега. Скорость их движения близка к скорости света (0,999 скорости света,  $v = 10^8$  м/с).

*Проникающая способность  $\beta$ -частиц намного выше, чем у  $\alpha$ -излучения.* Она характеризуется минимальной толщиной слоя вещества, полностью поглощающего все  $\beta$ -частицы. Например, от потока  $\beta$ -частиц с максимальной энергией 2 МэВ человека полностью защищает слой алюминия толщиной 3,5 мм. В воздухе их пробег достигает 20 м, магнитным полем  $\beta$ -частицы отклоняются сильно.

3) *Протонное излучение* – поток протонов, составляющих основу космического излучения и ядерных взрывов. Их пробег в воздухе и проникающая способность занимают промежуточное положение между  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучением.

Незаряженные излучения:

1) *Гамма-излучение* ( $\gamma$ -излучение) – самое коротковолновое электромагнитное излучение (длина волны  $10^{-11}$ – $10^{-13}$  м). Имеет внутриядерное происхождение. Испускается при переходах дочернего ядра из более возбужденного энергетического состояния в менее возбужденное или основное состояние. Возникает при  $\alpha$ - и  $\beta$ -распаде радиоактивных ядер, распаде элементарных частиц (например, покоящегося  $\pi^0$ -мезона:  $\pi \rightarrow \gamma + \gamma$ ), аннигиляции электронно-позитронных пар ( $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$ ) и взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом и др.

*Отдельно от других видов излучения  $\gamma$ -излучение не существует.* Распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность его в воздухе – всего несколько пар ионов на 1 см пути, т.е. значительно меньше, чем у вышеперечисленных видов излучений. А вот *проникающая его способность очень велика – в 50 – 100 раз больше, чем у  $\beta$ -излучения* – в воздухе она составляет сотни и тысячи метров. Большинство  $\gamma$ -квантов проходит через биологическую ткань и только незначительное их количество поглощается телом человека. Поэтому защита от внешнего  $\gamma$ -излучения представляет наибольшие проблемы. Защита осуществляется свинцом (рис. 1.1.6).

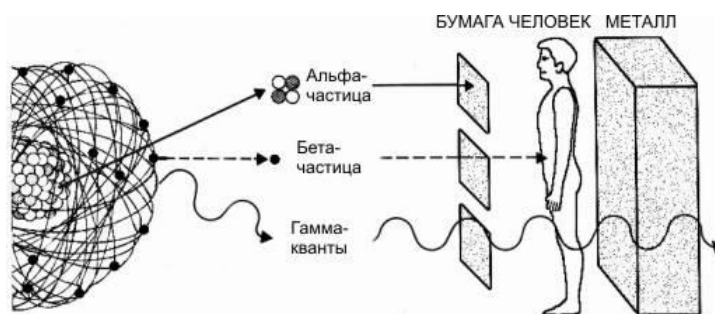


Рис. 1.1.6. Проникающая способность излучения

Проникая через вещество,  $\gamma$ -излучение в соответствии с законом ослабления радиоактивного излучения ослабевает:

$$I_d = I_0 \exp(-\mu d), \quad (1.1.12)$$

где  $I_0$  – начальная интенсивность излучения;  $I_d$  – интенсивность излучения после прохождения через вещество толщиной  $d$ ;  $\mu$  – линейный коэффициент ослабления интенсивности, определяемый свойствами вещества, видом и энергией излучения

Частицы или  $\gamma$ -кванты, энергия которых достаточно велика, чтобы при воздействии на вещество создавать ионы разных знаков, способны ионизировать вещество при прохождении через него. Такое свойство получило название ионизирующая способность (см. рис. 1.1.5).

$$M + E_q = M^+ + e^-, \quad (1.1.13)$$

где  $M$  – атом или молекула,  $E_q$  – энергия кванта или частицы,  $M^+$  – положительно

Ионизация среды тем сильнее, чем *больше мощность дозы радиоактивного излучения и длительнее их воздействие*. Ионизирующая и проникающая способности излучений лежат в основе повреждающего действия ионизирующих излучений на живые клетки человека или животного.

2) *Рентгеновское излучение* подобно  $\gamma$ -излучению, но имеет большую, чем у  $\gamma$ -излучения, длину волны  $10^{-8}$ – $10^{-11}$  м и меньшую, чем у  $\gamma$ -излучения, энергию. Состоит из *тормозного и (или) характеристического излучения*, генерируемого рентгеновскими трубками, которые сами по себе не радиоактивны, т.е. рентгеновское излучение получается искусственно.

3) *Нейтронное излучение* – это поток нейтральных частиц, которые не обладают электрическим зарядом и летят со скоростью 20–40 тыс. км/с. *Проникающая способность нейтронов достигает в воздухе несколько километров*. Они не взаимодействуют с электронами и *не вызывают непосредственной ионизации*. Ионизирующая способность нейтронного излучения составляет несколько тысяч пар ионов на 1 см пути.

*Радиоактивное загрязнение* – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем установленные уровни. Загрязнение продуктов питания, предметов, местности и др. оценивают как поток  $\beta$ -излучения в част./ $(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ . Допускается использовать материалы только при условии низкого уровня содержания в них радионуклидов. Специального разрешения на использование и последующего радиационного контроля требуют сырье, ма-

териалы и изделия: 1) с удельной  $\beta$ -активностью от 0,3 до 100 кБк/кг, 2) с удельной  $\alpha$ -активностью от 0,3 до 10 кБк/кг, 3) с содержанием трансурановых радионуклидов от 0,3 до 1,0 кБк/кг, 4) создающие мощность дозы  $\gamma$ -излучения от 0,2 до 1,0 мкГр/ч над фоном.

При превышении уровня, соответствующего радиоактивному загрязнению продуктов питания и питьевой воды радионуклидами цезия-137 и стронция-90, указанного в Республиканских допустимых уровнях содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания и питьевой воде (РДУ-2001), рекомендуется отказаться от их потребления. Данные оценивают в пересчёте на единицу массы вещества (Бк/кг) – *удельной активности*.

Заряженные тяжелые  $\alpha$ -частицы, проходя через вещество взаимодействуют с ним, совершают десятки тысяч соударений (у  $\alpha$ -частицы их  $10^4$ – $10^5$ ), постепенно теряя энергию, и создавая *поле ионизирующего излучения*. Взаимодействие с электронами атомных оболочек и кулоновским полем ядер и электронов приводит к ионизации и возбуждению атомов вещества и радиационным потерям частицы. Тормозная способность вещества характеризуется величиной энергии излучения, переданной ему. *Длина пробега* ( $R$ ) – расстояние, пройденное частицей от места образования до места потери ею избыточной энергии. Её легко вычислить по формуле:

$$R = \int_0^{E_{\max}} \frac{dE}{\varphi(E)}, \quad (1.1.14)$$

где величина  $dE/dx$  является функцией кинетической энергии, равной  $\varphi(E)$  частицы с зарядом  $Z$ .

Взаимодействие электронов и позитронов ( $\beta$ -излучение) с веществом характеризуется малой массой покоя и относительно большим изменением импульса при каждом столкновении. При прохождении через вещество частицы изменяют направление движения, вызывают возникновение электромагнитного радиационного излучения, а энергия их убывает экспоненциально:

$$E = E_0 \cdot \exp(-x/L_r), \quad (1.1.15)$$

где  $E_0$  – начальная энергия электрона,  $E$  – энергия электрона после прохождения длины  $x$ ,  $L_r$  – радиационная длина.

Фотоны  $\gamma$ -излучения взаимодействуют с электронами атомов и с электрическим полем ядра. В зависимости от энергии  $\gamma$ -квантов, различают три основных процесса взаимодействия их с веществом: фотоэлектрический эффект (энергия фотона  $E < 0,1$  МэВ и  $Z$  более 20), комптоновское (некогерентное) рассеяние (энергия фотона от 0,1 до 5–20 МэВ) и образование электрон-позитронной пары (начинается с энергии 1,022 МэВ).

При облучении  $\gamma$ -лучами в полимерах происходят разрывы связей в главной цепи и боковых группах (деструкция), исчезновение и образование двойных связей различного типа, окисление и выделение газа, возбуждается свечение радиоломинофоров.  $\alpha$ -Излучение вызывает деструкцию полупроводников в связи со структурными нарушениями вещества при смещениях атомов кристаллических решеток. Облучение нейтронами приводит к увеличению объема металла (радиационное распухание), снижение пластичности ме-

таллов и сплавов и рост их хрупкости. При взаимодействии нейтронов с атомами вещества изменяется структура кристаллических веществ и ионизация вещества.

Физические основы защиты от радиационного излучения характеризуются ослаблением излучения, проходящего через вещество.

Ослабление потока излучения веществом определяется толщиной поглотителя, снижающего вдвое количество частиц, – *слоем половинного ослабления* (рис. 1.1.7). Его величину определяют по формуле:

$$d_{1/2} = \lg 2 / \mu = 0,693 / \mu, \quad (1.1.16)$$

где  $\mu$  – линейный коэффициент ослабления

Для  $\gamma$ -излучения, проникающего через вещество, характерно ослабление интенсивности излучения.

Используют также *длину релаксации* – толщину / слоя вещества, ослабляющего пучок мононаправленного излучения в  $e$  раз:

$$l = \Delta_{1/2} / 0,693.$$

Среднее расстояние, проходимое частицей в веществе до взаимодействия, называют *средней длиной свободного пробега*, равное  $1/\mu$ .

*Кратность ослабления (K)* – величина, показывающая во сколько раз требуется уменьшить защитой плотность потока излучения или мощность дозы.

Радиоактивные излучения не воспринимаются органами чувств. Они могут быть обнаружены (детектированы) при помощи приспособлений, работа которых основана на физико-химических эффектах, возникающих при взаимодействии излучения с веществом – изменении *электропроводности вещества* (газов, жидкостей, твердых материалов); *люминесценции* (свечение); *засвечивания фотопленок*; *изменения цвета, окраски, прозрачности, сопротивления электрическому току химических растворов* и др. На них основаны методы обнаружения и измерения характеристик радиоактивных излучений: фотографический, сцинтилляционный, химический, ионизационный, биологический и др.

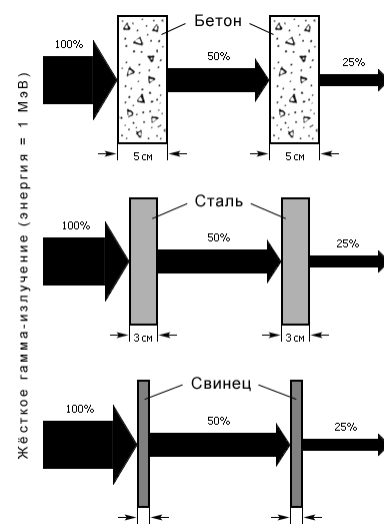


Рис. 1.1.7 Слой половинного ослабления излучения

## ПАМЯТКА

для студентов по работе в лабораториях и аудиториях  
кафедры «Экология»

Запрещается в лабораториях и аудиториях кафедры находиться в верхней одежде, пользоваться сотовым телефоном, курить в здании и на территории БНТУ.

Обязательно ознакомьтесь с правилами безопасности и распишитесь в специальном лабораторном журнале.

Выполняйте лабораторную работу под руководством и наблюдением преподавателя или учебно-вспомогательного персонала.

Студент допускается к выполнению работы с приборами лишь после ознакомления с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы и особенностями работы с прибором.

Перед каждым включением прибора необходимо убедиться в его исправности и в том, что пуск прибора безопасен.

Выполняйте только ту лабораторную работу, к которой допускает преподаватель. Аккуратно обращайтесь с исследуемыми пробами, не вскрывайте их упаковку.

Следите за порядком на рабочем месте.

Доложите преподавателю об окончании работы с прибором и замеченных неисправностях.

После окончания работы выключите прибор, приведите в порядок рабочее место, исследованные пробы аккуратно поставьте рядом с прибором, стул придвиньте к столу.

Расчет и оформление отчета о проделанной лабораторной и практической работе выполняют в соответствии с СТП 10-02.01-87. Отчет должен включать в себя: название работы; цель работы; краткий конспект теоретической части и метод выполнения работы (определения); задание для выполнения практической работы; порядок выполнения работы; выводы.

В конце занятия учащийся должен сдать педагогу выполненную работу, о чём последний делает отметку в своём журнале и подписывает работу.

## 1.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ (2 часа)

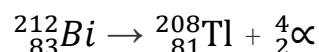
### Примеры решения задач

1.2.1 В какое ядро превратится ядро висмута  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ , испустив  $\alpha$ -частицу. Записать уравнение ядерной реакции.

*Решение.* Обозначим неизвестное ядро символом  ${}^A_Z\text{X}$ . Так как при  $\alpha$ -распаде атомный номер изменяется на  $-2$ , а массовое число на  $-4$ , то

$$\begin{aligned}Z &= 83 - 2 = 81, \\A &= 212 - 4 = 208.\end{aligned}$$

*Ответ:* Элемент с порядковым номером 81 в периодической системе – таллий,  ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ . Следовательно, ядро висмута  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$  превратится в ядро таллия  ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ . Уравнение реакции имеет вид:



1.2.2 Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов испытывает уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  в процессе последовательного превращения в свинец  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ ?

*Решение.* Массовое число изменяется только при  $\alpha$ -распаде. Значит, число  $\alpha$ -распадов равно

$$n_\alpha = \frac{A_{\text{мч-1}} - A_{\text{мч-2}}}{A_{\text{мч-}\alpha}},$$

где  $A_{\text{мч-1}}$ ,  $A_{\text{мч-2}}$  и  $A_{\text{мч-}\alpha}$  – массовые числа соответственно урана, свинца и  $\alpha$ -частицы.

Подставляем в формулу значения массовых чисел и получаем

$$n_\alpha = \frac{235 - 207}{4} = 7$$

Заряд урана уменьшается на  $7 \cdot 2 = 14$ . Разница между зарядом ядер урана и свинца

$$Z_1 - Z_2 = 92 - 82 = 10.$$

При  $\beta^-$ -распаде заряд увеличивается на 1. Значит, произойдут 4  $\beta$ -распада  
 $14 - 10 = 4$ .

*Ответ:*  $n_\alpha = 7$ ;  $n_\beta = 4$ .

1.2.3 Определить активность 1 мг радия  ${}^{226}\text{Ra}$ .

*Решение.* Из табл. 1.2.1 находим период полураспада  ${}^{226}\text{Ra}$   $T_{1/2} = 1600$  лет. Используя формулы

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{0,693}{T_{1/2}} = \frac{-dN}{N dt}$$

и

$$m = \frac{A_{\text{мч}} \cdot A \cdot T}{\ln 2 \cdot N_A} = 2,4 \cdot 10^{-24} \cdot A_{\text{мч}} \cdot T_{1/2} \cdot A$$

определяющие связь массы радионуклида с его активностью, получаем

$$m = \frac{A T_{1/2}}{0,693} \cdot \frac{A_{\text{мч}}}{N_A},$$

Таблица 1.2.1.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

№	Радио- нуклид	Тип распада	T <sub>1/2</sub>	Лин. коэф. ослабл., см <sup>-1</sup>		Радио- нуклид	T <sub>1/2</sub>	УПА <sup>6</sup> , Ки/км <sup>2</sup>
				4	5			
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<sup>79</sup> Rb	β+	23 мин	0,11	0,3	<sup>147</sup> Pm	3 года	1,2
2	<sup>84</sup> Rb	β-	33 сут	0,12	0,31	<sup>146</sup> Eu	5 сут	1,4
3	<sup>130</sup> Cs	β+	30 мин	0,13	0,32	<sup>153</sup> Sm	47 ч	1,6
4	<sup>132</sup> Cs	β-	7 сут	0,14	0,33	<sup>148</sup> Eu	55 сут	1,8
5	<sup>137</sup> Cs	β-	30,14 лет	0,15	0,34	<sup>152</sup> Eu	13 лет	2
6	<sup>52</sup> Mn	β+	6 сут	0,16	0,35	<sup>147</sup> Eu	24 сут	2,2
7	<sup>223</sup> Fr	β-	22 мин	0,17	0,36	<sup>151</sup> Gd	120 сут	2,4
8	<sup>60</sup> Cu	β+	23 мин	0,18	0,37	<sup>160</sup> Tb	72 сут	2,6
9	<sup>58</sup> Co	β+	71 сут	0,19	0,38	<sup>171</sup> Tm	2 года	2,8
10	<sup>103</sup> Ag	β+	66 мин	0,2	0,39	<sup>174</sup> Lu	3 года	3
11	<sup>56</sup> Co	β+	79 сут	0,21	0,4	<sup>228</sup> Th	2 года	3,2
12	<sup>194</sup> Au	β+	40 ч	0,22	0,41	<sup>234</sup> Th	24 сут	3,4
13	<sup>199</sup> Au	β-	3 сут	0,23	0,42	<sup>230</sup> Pa	17 сут	3,6
14	<sup>111</sup> Ag	β-	8 сут	0,24	0,43	<sup>233</sup> Pa	27 сут	3,8
15	<sup>28</sup> Mg	β-	21 ч	0,25	0,44	<sup>230</sup> U	21 сут	4
16	<sup>45</sup> Ca	β-	163 сут	0,26	0,45	<sup>232</sup> U	72 года	4,2
17	<sup>89</sup> Sr	β-	51 сут	0,27	0,46	<sup>237</sup> U	7 сут	7 сут
18	<sup>90</sup> Sr	β-	29 лет	0,28	0,47	<sup>235</sup> Np	396 сут	4,6
19	<sup>131</sup> Ba	β+	12 сут	0,29	0,48	<sup>234</sup> Np	4 сут	4,8
20	<sup>140</sup> Ba	β-	13 сут	0,3	0,49	<sup>239</sup> Np	2 сут	5
21	<sup>223</sup> Ra	α	11 сут	0,31	0,5	<sup>236</sup> Pu	3 года	5,2
22	<sup>228</sup> Ra	β-	6 лет	0,32	0,51	<sup>241</sup> Pu	14 лет	5,4
23	<sup>65</sup> Zn	β+	244 сут	0,33	0,52	<sup>240</sup> Am	51 ч	5,6
24	<sup>72</sup> Zn	β-	47 ч	0,34	0,53	<sup>244</sup> Cm	18 лет	5,8
25	<sup>107</sup> Cd	β+	7ч	0,35	0,54	<sup>249</sup> Cm	64 мин	6
26	<sup>115</sup> Cd	β-	54 ч	0,36	0,55	<sup>245</sup> Bk	5 сут	6,2
27	<sup>193</sup> Hg	β+	4 ч	0,37	0,56	<sup>250</sup> Cf	13 лет	6,4
28	<sup>203</sup> Hg	β-	47 сут	0,38	0,57	<sup>125</sup> Sn	10 сут	6,6
29	<sup>60</sup> Co	β-	5 лет	0,39	0,58	<sup>210</sup> Pb	22 года	6,8
30	<sup>109</sup> In	β+	4 ч	0,4	0,59	<sup>95</sup> Zr	64 сут	7
31	<sup>202</sup> Tl	β+	12 сут	0,41	0,6	<sup>181</sup> Hf	42 сут	7,2
32	<sup>204</sup> Tl	β-	4 года	0,42	0,61	<sup>33</sup> P	25 сут	7,4
33	<sup>46</sup> Sc	β-	84 сут	0,43	0,62	<sup>74</sup> As	18 сут	7,6
34	<sup>88</sup> Y	β+	107 сут	0,44	0,63	<sup>125</sup> Sb	60 сут	7,8
35	<sup>91</sup> Y	β-	59 сут	0,45	0,64	<sup>205</sup> Bi	15 сут	8
36	<sup>225</sup> Ac	α	10 сут	0,46	0,65	<sup>48</sup> V	16 сут	8,2
37	<sup>227</sup> Ac	β-	28 лет	0,47	0,66	<sup>95</sup> Nb	35 сут	8,4

<sup>6</sup>УПА – удельная поверхностная активность.

где  $N_A$  – число Авогадро,  $m$  – молярная масса,  $A_{мч}$  – молярное число. 1600 лет пересчитываем в с.

$$A = \frac{m \cdot 0,693 \cdot N_A}{T_{1/2} \cdot M} = \frac{0,001 \cdot 0,693 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{1600 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 226} = 3,66 \cdot 10^7 \text{ Бк} = 1 \text{ мКи}$$

*Ответ:* 1 мКи.

1.2.4 Какая доля начального количества атомов распадётся за два года в радиоактивном изотопе радия  $^{228}\text{Ra}$ . Период полураспада  $^{228}\text{Ra}$  принять, равным 5 годам.

*Решение.* Доля распавшихся атомов – это отношение числа распавшихся атомов  $\Delta N$  к начальному числу атомов  $N_0$ .

Согласно закону радиоактивного распада,

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t}),$$

где  $\lambda$  – постоянная распада (1.1.11)  $= \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ ,  $e$  – основание натурального логарифма  $= 2,72$ .

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - 2,72^{-(0,693/5) \cdot 2} = 0,242$$

*Ответ:* 0,242.

1.2.5 Определить начальную активность  $A_0$  радиоактивного препарата таллия  $^{204}\text{Tl}$  массой 0,2 кг, а так же его активность  $A$  через 150 дней. Период полураспада  $^{204}\text{Tl}$  принять равным 4 суток.

*Решение.* Начальная активность радиоактивного препарата:

$$A_0 = \lambda \cdot N_0 \quad (1.2.1),$$

где  $\lambda$  – постоянная распада.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (1.2.2)$$

$N_0$  – начальное число радиоактивных атомов:

$$N_0 = N_A \cdot \frac{m}{M} \quad (1.2.3),$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $M$  – молярная масса.

Подставив в (1.2.1) – (1.2.2) значение (1.2.3), получим

$$A_0 = \frac{m}{M} \cdot \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_A$$

Активность спустя время  $t$  равна:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Учитывая, что

$T_{1/2} = 4 \text{ суток} = 4 \text{ сут.} \cdot 24 \text{ ч.} \cdot 3600 \text{ с.} = 345600 = 3,5 \cdot 10^5 \text{ с};$   
 $m = 0,2 \text{ кг} = 0,2 \cdot 10^3 \text{ г}; \ln 2 = 0,693; N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}; M = 204 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1},$   
 получаем

$$A_0 = \frac{0,2 \cdot 10^3}{204} \cdot \frac{0,693}{3,5 \cdot 10^5} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,2 \cdot 10^{18} \text{ Бк}$$

Учитывая, что

$$e = 2,72; t = 150 \text{ сут} = 150 \text{ сут.} \cdot 24 \text{ ч.} \cdot 3600 \text{ с} = 12960000 \text{ с}$$

$$A_t = 1,2 \cdot 10^{18} \cdot e^{-\lambda t} = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Бк}$$

*Ответ:*  $A = 6,1 \cdot 10^6 \text{ Бк}$ .



1.2.6 Активность кобальта  $^{60}\text{Co}$  составляет 1 ГБк. Рассчитать число радиоактивных атомов через 5 лет. Период полураспада ( $T_{1/2}$ )  $^{60}\text{Co} = 5,27$  года.

*Решение.* Активность спустя 5 лет равна

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t},$$

где  $\lambda$  – постоянная распада.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Получаем

$$A_t = A_0 \cdot e^{-(\ln 2 / T_{1/2}) \cdot t}$$

*Ответ:*  $0,52 \cdot 10^9$  Бк.

1.2.7 Определить активность 1 мг  $^{226}\text{Ra}$ .  $T_{1/2}^{226}\text{Ra} = 1600$  лет. Связь массы радионуклида с его активностью:

$$m = \frac{AT_{1/2}}{0,693} \cdot \frac{A_{\text{мч}}}{N_A},$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $m$  – молярная масса,  $A_{\text{мч}}$  – молярное число.

Активность 1 мг  $^{226}\text{Ra}$ :

$$A = \frac{m \cdot 0,693 \cdot N_A}{T_{1/2} \cdot A_{\text{мч}}} = 3,66 \cdot 10^7 \text{ Бк}$$

*Ответ:*  $3,66 \cdot 10^7$  Бк.

1.2.8 Сколько  $^{210}\text{Po}$  распадётся через 20 суток от исходного количества 2 мг?  $T_{1/2}^{210}\text{Po} = 138,4$  суток.

Через 20 суток осталось:

$$m(t) = m_0 \cdot \exp\left(-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}\right) = 1,81 \text{ мг}$$

За 20 суток распалось  $^{210}\text{Po}$ :

$$m = m_0 - m(t) = 0,19 \text{ мг}$$

*Ответ:* 0,19 мг.

1.2.9 При радиоактивном распаде ядер нуклида  $A_1$  образуется радионуклид  $A_2$ . Их постоянные распада равны  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , соответственно. Полагая, что в начальный момент времени источник излучения содержит только ядра нуклида  $A_1$  в количестве  $N_{10}$ . Определить:

- количество ядер  $A_2$  через промежуток времени  $t$ ;
- промежуток времени, через который количество ядер  $A_2$  достигнет максимума;
- в каком случае может возникнуть состояние переходного равновесия, при котором отношение количества обоих нуклидов будет оставаться постоянным. Чему равно это отношение?

*Решение.* а) В соответствии с основным законом радиоактивного распада

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t},$$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}},$$

где постоянная распада  $\lambda$  определяется средним временем жизни радионуклида  $\tau$  или периодом полураспада нуклида  $T_{1/2}$ .

Скорость же распада радионуклида  $A_1$  в момент времени  $t$  или активность радионуклида в момент времени ( $t$ ) равна:

$$\frac{dN_1(t)}{dt} = -\lambda_1 N_1(t),$$

где  $N_1(t)$  – число радионуклидов  $A_1$  в момент времени  $t$ , а  $\lambda \cdot N(t)$  – активность радиоактивного источника:

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Определяем, что число ядер радионуклидов  $A_2$  в момент времени  $t$  определяется соотношением

$$N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} - \lambda_1 \cdot N_{10} \cdot (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

б) Количество ядер нуклида  $A_2$  достигает максимума через промежуток времени

$$t = t_m = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

с начала распада нуклида  $A_1$ .

в) Состояние переходного равновесия в распаде нуклида  $A_1 \rightarrow A_2$  может возникнуть, если период полураспада нуклида  $A_1$  значительно больше периода полураспада нуклида  $A_2$ ,  $T_{1/2}(A_1) \gg T_{1/2}(A_2)$ :

$$\frac{N_2(t)}{N_1(t)} \approx \frac{T_{1/2}(A_2)}{T_{1/2}(A_1)}$$

1.2.10 Вычислите дефект массы  $\Delta m$  и энергию связи  $E_{св}$  ядра атома бора  ${}^{11}_5\text{B}$ . Дефект массы ядра – это разность массы нуклонов (протонов и нейтронов), составляющих ядро, и массы ядра. Определяется он по формуле

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{я}, \quad (1.2.4)$$

где  $Z$  – зарядовое число (число протонов в ядре);  $m_p$  – масса протона;  $A$  – массовое число (общее число нуклонов в ядре);  $(A - Z)$  – число нейтронов в ядре;  $m_n$  – масса нейтрона;  $m_{я}$  – масса ядра.

Массу ядра найдем по формуле

$$m_{я} = m_a - Zm_e, \quad (1.2.5)$$

где  $m_a$  – масса атома;  $m_e$  – масса электрона.

Преобразуем формулу (1.2.1) с учётом (1.2.2):

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z) \cdot m_n] - m_a + Zm_e, \quad (1.2.6)$$

где  $m_p = m_{{}^1_1\text{H}}$  – масса атома водорода.

В таблице 1.2.1 находим, что

$$m_{{}^1_1\text{H}} = 1,00783 \text{ а.е.м.}, m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}, m_a = 10,01294 \text{ а.е.м.}$$

С учетом этих данных (1.2.3) будет иметь вид

$$\Delta m = [5 \cdot 1,00783 + (10 - 5) \cdot 1,00867] - 10,01294 \text{ а.е.м.} = 0,06956 \text{ а.е.м}^7. \quad (1.2.7)$$

Энергия связи ядра определяем по формуле

$$\Delta E = \Delta m c^2, \quad (1.2.8)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме равна  $3 \cdot 10^8$  м/с,  $\Delta m$  – дефект массы ядра.

Если энергию связи  $\Delta E$  выразить в мегаэлектрон-вольтах (МэВ), дефект массы ядра  $\Delta m$  – в атомных единицах, то формула (1.2.4) принимает вид

<sup>7</sup> Атомная единица массы (а.е.м.) – внесистемная единица, применяемая для масс молекул, атомов, атомных ядер и элементарных частиц. Равна 1/12 массы изотопа углерода с массовым числом 12. Величина 1 а.е.м. – обратная числу Авогадро ( $6,025 \cdot 10^{23}$ ).

$$\Delta E = 931\Delta m, \quad (1.2.9)$$

где 931 – коэффициент, показывающий, какая энергия в МэВ соответствует массе в 1 а.е.м.

Подставив значение  $\Delta m$  в (1.2.5), вычислим энергию связи:

$$\Delta E = 931 \cdot 0,06956 \text{ МэВ} = 64,8 \text{ МэВ} \quad (1.2.10)$$

Ответ:  $\Delta E = 64,8 \text{ МэВ}$ .

### Задачи для самостоятельного решения

1.2.11 Атомная масса хлора принята равной 35,5. Хлор имеет два стабильных изотопа хлора  $^{35}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}$ . Найти их процентное соотношение в природе.

1.2.12 Определить массу радиоактивного препарата (см. табл. 1.2.1 выше, колонка 1, № варианта соответствует № фамилии в журнале группы,  $T_{1/2}$  – 3 колонка) с начальной активностью, равной начальной активности радионуклида (табл. 1.2.1, колонка 6, с  $T_{1/2}$  – 7 колонка) массой 2 мг.

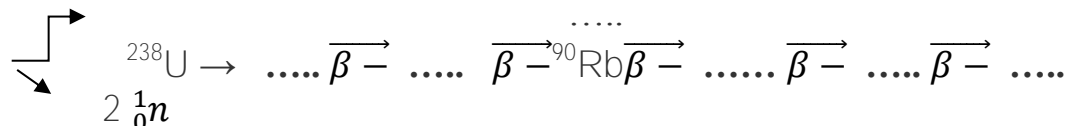
1.2.13 Определить активность 5 мг радия  $^{226}\text{Ra}$ . Период полураспада  $^{226}\text{Ra} T_{1/2} = 1600$  лет.

1.2.14 В какое ядро превратится ядро радионуклида (см. табл. 1.2.1, колонка 1 – свой вариант), испустив (см. колонку 2)  $\alpha$ -частицу? Записать уравнение ядерной реакции.

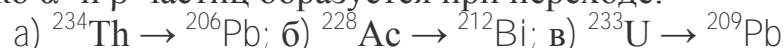
1.2.15 Укажите изотопы, образующиеся в ряду (см. рис. 1.2.1):  $^{218}\text{Po} \xrightarrow{\beta^-} \dots \xrightarrow{\alpha} \dots \xrightarrow{\beta^-} \dots \xrightarrow{\alpha} \dots \xrightarrow{\beta^-} \dots \xrightarrow{\alpha}$

1.2.16 Ядро какого элемента получится, если ядро радия  $^{226}\text{Ra}$  потеряет четыре  $\alpha$ - и две  $\beta$ -частицы?

1.2.17 Впишите недостающие члены цепочки:



1.2.18 Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц образуется при переходе:



(см. рис. 1.2.1)

1.2.19 Сколько протонов и сколько нейтронов содержат следующие изотопы:



1.2.20 Ядро нептуния  $^{234}_{93}\text{Np}$  захватило электрон из К-оболочки атома (К-захват) и испустило  $\alpha$ -частицу. Ядро какого элемента получилось в результате этих превращений?

1.2.21 Определить начальную активность  $A_0$  радиоактивного магния  $^{28}\text{Mg}$  массой  $m = 0,2$  мкг, а также активность  $A$  по истечении времени  $t = 1$  ч. Предполагается, что все атомы изотопа радиоактивны.

1.2.22 Сколько атомов  $^{210}\text{Po}$  распадается через 20 суток из  $10^6$  атомов, если период полураспада равен 138 суток?

Рассчитывают по формуле  $N = N_0 \cdot 2^{-t/T} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ .

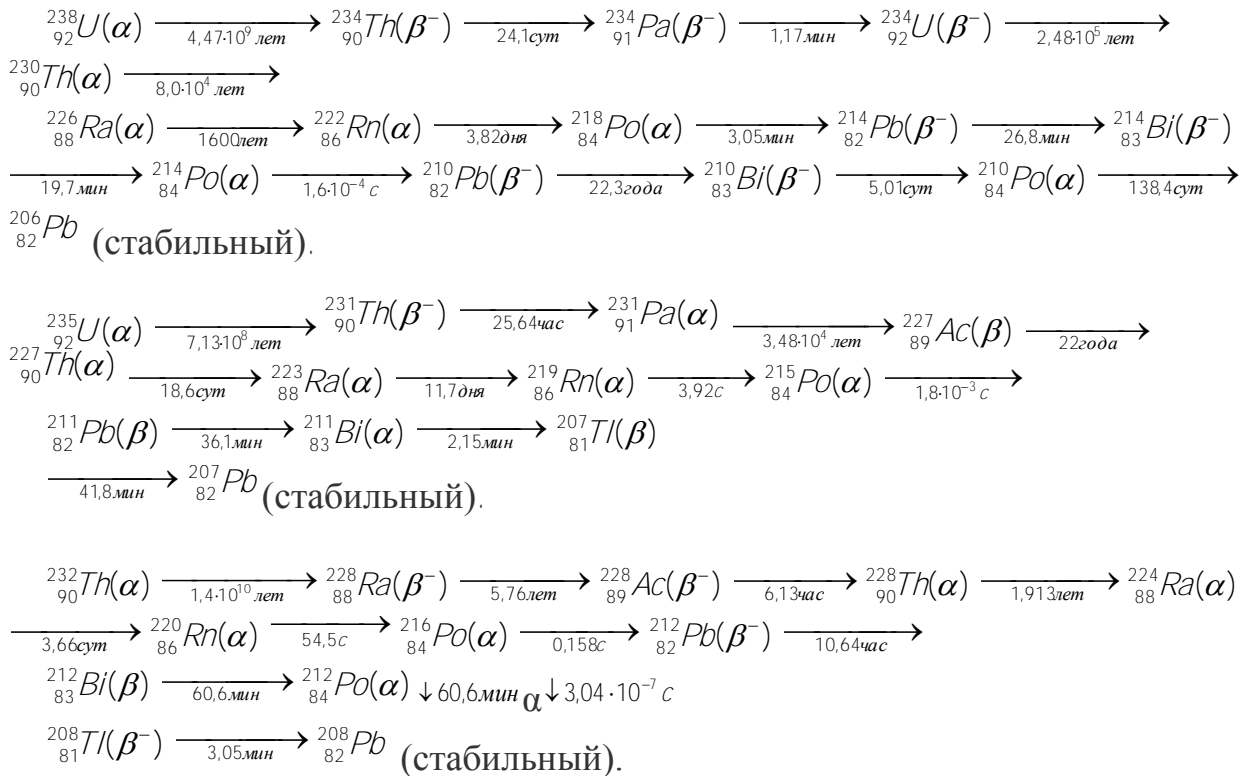


Рис. 1.2.1 Схемы радиоактивного распада ядер урана и тория.

1.2.23 При определении периода полураспада  $T_{1/2}$  радиоактивного изотопа активность его на начальный момент времени равнялась  $A_0 = 55,5 \cdot 10^7$  Бк, а спустя  $t = 13$  суток –  $A_t = 18,5 \cdot 10^7$  Бк. Определить постоянную радиоактивного распада  $\lambda$  и период полураспада  $T_{1/2}$  изотопа.

1.2.24 Считая, что в одном акте деления ядра урана  ${}^{235}\text{U}$  освобождается энергия  $E = 200$  МэВ, найти:

А) энергию  $W$ , выделяющуюся при делении одного килограмма  ${}^{235}\text{U}$ . Использовать формулу:

$$W = \frac{m_u}{M} N_0 \cdot E,$$

где  $M = 235 \cdot 10^{-3}$  кг/моль – атомная масса урана,  $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$  – постоянная Авогадро.

Б) массу  $m$  каменного угля с теплотворной способностью  $q = 30$  МДж/кг, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму  ${}^{235}\text{U}$ . Использовать формулу:

$$m = \frac{W}{q}$$

1.2.24 Сколько процентов радиоактивного вещества остается нераспавшейся по истечении времени, равного  $t = T_{1/2}, T_{1/2} \dots n T_{1/2}$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$ ;  $T_{1/2}$  – период полураспада.

1.2.25 Сколько процентов (какая часть  $\eta$ ) от начального количества радиоактивного элемента распадается за время, равное  $t = \tau, 2\tau, \dots n\tau$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$ ;  $\tau$  – среднее время жизни элемента.

$$0,693 \cdot \tau, t = 0,693 \cdot 1,386$$

1.2.26 Что больше: среднее время жизни  $\tau$  радиоактивного ядра или период полураспада  $T_{1/2}$ ? Во сколько раз?

1.2.27 Через сколько времени распадается 75% первоначального количества атомов плутония  $^{239}\text{Pu}$ ? Период полураспада –  $^{239}\text{Pu}$   $24,38 \cdot 10^3$  лет.

1.2.28 Какая доля рутения  $^{106}\text{Ru}$  распадается за месяц?

1.2.29 Активность радиоактивного препарата уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найти его период полураспада.

1.2.30 Препарат урана  $^{238}\text{U}$  массой 1,0 г излучает  $1,24 \cdot 10^4$   $\alpha$ -частиц в секунду. Найти период полураспада  $^{238}\text{U}$ .

1.2.31 В настоящее время имеется 500 мг радия  $^{226}\text{Ra}$ . Какое количество изотопа останется через 250 лет?

1.2.32 За 30 дней распалось 50% первоначального радиоактивного вещества. Через сколько времени останется 1% первоначального вещества?

1.2.33 Сколько атомов полония  $^{210}\text{Po}$  распадается за сутки из 1 млн. атомов?

1.2.34 Сколько атомов радона  $^{222}\text{Rn}$  распадается из 1 млн. атомов за сутки?

1.2.35 Найти удельную активность: 1) урана  $^{238}\text{U}$ ; 2) радона  $^{222}\text{Rn}$ .

1.2.36 Найти массу радона  $^{222}\text{Rn}$ , активность которого равна 1 Ки.

1.2.37 Найти количество полония  $^{210}\text{Po}$ , активность которого равна  $3,7 \cdot 10^{10}$  расп./с.

1.2.38 Найти постоянную распада радона  $^{222}\text{Rn}$ , если известно, что число атомов радона уменьшается за сутки на 18,2%.

1.2.39 Некоторый радиоактивный препарат имеет постоянную распада  $\lambda = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . Через сколько времени распадается 75% первоначального количества атомов?

1.2.40 В закрытый сосуд помещен препарат, содержащий 1,5 г  $^{222}\text{Rn}$ . Какое количество радона  $^{222}\text{Rn}$  находится в этом сосуде по истечении времени  $t = T_{1/2}$ , где  $T_{1/2}$  – период полураспада радона?

1.2.41 Активность изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  в древних деревянных предметах составляет 4/5 активности этого изотопа в свежесрубленных деревьях. Определить возраст древних предметов.

1.2.42 Рассчитать массу 1 Ки  $^{238}\text{U}$ .

1.2.43 Первоначальная активность кобальта  $^{60}\text{Co}$  равна 38 мКи. Определить его активность через 3 года.

1.2.44 Определить постоянную распада  $\lambda$  и период полураспада  $T_{1/2}$  радионуклида фосфора  $^{32}\text{P}$ , если за трое суток его активность уменьшилась на 13,5%.

1.2.45 Радиоактивные изотопы висмута  $^{210}\text{Bi}$  и  $^{212}\text{Bi}$  распадаются по цепочке:

а)  $^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$  (стабильный изотоп). Вычислить  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности препарата  $^{210}\text{Bi}$  массой 1 мг через месяц после его изготовления.

б)  $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{208}\text{Tl} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$  (стабильный изотоп). Вычислить  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности препарата висмута-212 массой 1 мг через 5 часов после его изготовления.

1.2.46 Распад радиоактивных веществ происходит со скоростью, пропорциональной их наличному количеству.  $R_a\text{B}$  преобразуется в  $R_a\text{C}$  с такой скоростью, что половина количества  $R_a\text{B}$  оказывается преобразованной по истечении 27 мин. В свою очередь, половина данного количества преобразуется в

другое вещество в течение 19,5 мин. Принимая первоначальное количество  $R_a B$  за единицу, найти количество  $R_a B$  и  $R_a C$  по истечении 1 ч.

**Ответы:** 1.2.11 – 75 и 25, 1.2.12 – ответ зависит от выбранного радионуклида, 1.2.13 –  $18,5 \cdot 10^7$  Бк, 1.2.14 – ответ зависит от выбранного радионуклида, 1.2.16 – платина  $^{210}_{78}\text{Pt}$ , 1.2.19 – 8, 8; 19, 21 и т.д., 1.2.20 – торий  $^{230}_{90}\text{Th}$ , 1.2.21 –  $A_0 = 3,97 \cdot 10^{10}$  Бк,  $A = 3,97 \cdot 10^{10} \cdot 2,72^{-0,033}$ , 1.2.21 –  $2 \cdot 10^3$ , 1.2.22 –  $T_{1/2} = 8,7$  суток,  $\lambda = 0,08$ , 1.2.23 – А)  $8,2 \cdot 10^{13}$  Дж; Б) 2733 т, 1.2.24 – 50%, 25%, 12,5%, 1.2.25 – 19,2%; 64%; 76% и т.д., 1.2.26 –  $\tau$  больше  $T_{1/2}$  в 1,44 раза, 1.2.27 – 48780 лет, 1.2.28 – 0,055, 1.2.29 – 5,3 суток, 1.2.30 –  $4,5 \cdot 10^9$  лет, 1.2.31 – 449 мг, 1.2.32 – 200 дней, 1.2.33 – 5000 атомов, 1.2.34 –  $1,7 \cdot 10^5$  атомов, 1.2.35 –  $1,2 \cdot 10^4$  Бк/кг;  $5,7 \cdot 10^{18}$  Бк/кг; 1.2.36 –  $6,5 \cdot 10^{-9}$  кг, 1.2.37 – 0,22 мг, 1.2.39 – 3,82 сут.;  $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ ; 1.2.39 – 16 минут, 1.2.41 –  $4,8 \cdot 10^{-9}$  кг, 1.2.41 – 1800 лет, 1.2.42 – 3 т, 1.2.44 – 25,46 мКи, 1.2.44 –  $\lambda = 5,60 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$ ;  $T_{1/2} = 14,3$  суток, 1.2.45 – а)  $A_\beta = 0,72 \cdot 10^{11}$  част./с; б)  $A_\alpha = 1,46 \cdot 10^{11}$  част./с,  $A_\alpha = 1,8 \cdot 10^{13}$  част./с;  $A_\beta = 5,68 \cdot 10^{14}$  част./с, 1.2.46 –  $R_a B = 0,124$ ;  $R_a C = 0,249$ .

### 1.3 ЛЕКЦИЯ: ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ (2 часа)

**План лекции:** *Дозиметрические величины и единицы их измерения. Регистрация излучений, детекторы и их характеристики. Радиометрия и дозиметрия. Методы и приборы для обнаружения и измерения характеристик ионизирующих излучений. Классификация источников ионизирующего излучения. Космические лучи, естественный радиационный фон, их воздействие на биосферу. Антропогенные источники ионизирующего излучения. Ядерное оружие и атомная энергетика, как источники радиационной опасности. Принцип работы основных типов ядерных реакторов и особенности обеспечения радиационной безопасности населения при их эксплуатации.*

Дозиметрия – совокупность методов измерения и (или) расчета дозы ионизирующего излучения, основанных на количественном определении изменений, произведенных в веществе излучением. Является основой дозиметрического контроля: 1) внешнего профессионального облучения, 2) профессионального внутреннего облучения, 3) радиационной обстановки.

Дозиметрию ионизирующих излучений используют для целей радиационной безопасности. Она позволяет: 1) установить дозы излучения; 2) проконтролировать непревышение установленных пределов облучения и, как следствие, непревышение допустимого радиационного риска или уровня потенциального ущерба; 3) проверить установленную зависимость радиационного риска (ущерба) от дозы облучения.

Работа дозиметров обеспечивается детекторами. *Детектор* – устройство, предназначенное для измерения уровня ионизирующего излучения. Он регистрирует  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы, рентгеновское и  $\gamma$ -излучения, нейтроны, протоны и т.п. Служит для определения состава излучения и измерения его интенсивности, измерения спектра энергий частиц, изучения процессов взаимодействия

быстрых частиц с атомными ядрами и процессов распада нестабильных частиц.

*Ионизационные детекторы* измеряют индуцированную излучением ионизацию. Типичными детекторами такого типа являются газонаполненная ионизационная камера и газоразрядный счетчик. Метод положен в основу работы таких дозиметрических приборов, как ДП-5А (Б, В), ДП-3Б, ДП-22В и ИД-1. К ионизационным детекторам относятся:

1) *Ионизационная камера* – помещённый в герметическую камеру заряженный электрический конденсатор, заполненный газом. Внутри камеры находятся два изолированных друг от друга электрода. К электродам прилагается напряжение от источника постоянного тока. При отсутствии ионизирующего излучения в цепи камеры тока не будет, поскольку воздух является изолятором. При воздействии же излучений в ионизационной камере молекулы газа ионизируются. В цепи камеры возникает ионизационный ток, который регистрируется микроамперметром. По ионизационному току судят о мощности дозы излучений, воздействующей на камеру.

2) *Газоразрядные счетчики Гейгера–Мюллера* используют в своей работе принцип газового усиления (рис. 1.3.1). Они представляют собой полые герметичные металлические или стеклянные цилиндры, заполненные разреженной смесью инертных газов (аргон, неон) с некоторыми добавками, улучшающими работу счётчика (пары спирта).

Внутри цилиндра, вдоль его оси, натянута тонкая металлическая нить (анод). Катодом служит металлический корпус или тонкий слой металла, нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянного корпуса счётчика. К металлической нити и токопроводящему слою (катоде) подают напряжение электрического тока.

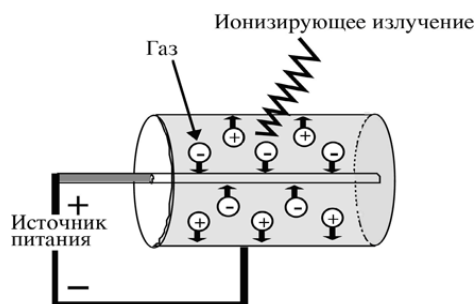


Рис. 1.3.1. Схема работы газоразрядной камеры Гейгера-Мюллера

При отсутствии радиоактивного излучения свободных ионов в объеме счетчика нет и в цепи электрического тока также нет.

Одна частица радиоактивного излучения, попавшая в объем смеси газового счетчика, вызывает образование лавины, свободных электронов. Регистрируя количество импульсов тока, возникающих в единицу времени, судят об интенсивности радиоактивных излучений.

*Сцинтилляционные детекторы.* Многие химические вещества (сернистый цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция и др.) при прохождении через них заряженных частиц переходят в основное состояние и испускают световое излучение (сцинтилляции – вспышки). Такими веществами покрывают

сцинтилляторы. Количество вспышек света на них пропорционально мощности дозы излучения (рис. 1.3.2).

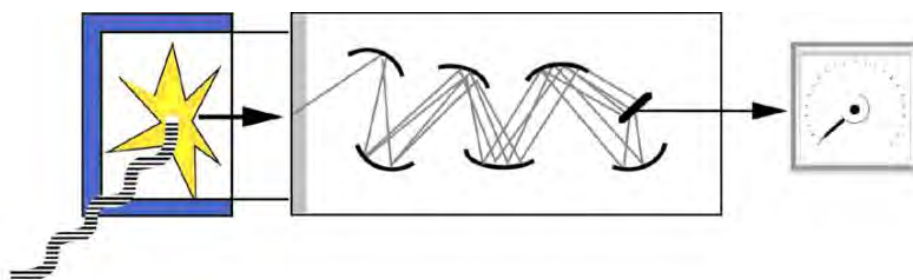


Рис. 1.3.2. Принцип работы сцинтилляционного детектора

Для регистрации световых вспышек, усиления сигнала и превращения световых импульсов в электрические используют фотоэлектронные умножители (ФЭУ).

*Приборы дозиметрического контроля* предназначены для обнаружения и измерения радиоактивных излучений:

*Индикаторы* – приборы, позволяющие обнаружить факт наличия излучения и ориентировочно оценить некоторые характеристики излучений.

*Радиометры* – приборы, предназначенные для измерения активности радиоактивных препаратов и источников излучения, определения плотности потока или интенсивности ионизирующих частиц и квантов, поверхностей, радиоактивности предметов, удельной активности аэрозолей, газов и жидкостей (рис. 1.2.6, «Сосна»).

*Спектрометры* – приборы и установки, предназначенные для определения энергии частиц, энергетического спектра, типа радионуклида. Существуют  $\alpha$ -спектрометры,  $\gamma$ -спектрометры,  $\beta$ -спектрометры и комбинированные приборы.

*Дозиметры* – приборы, измеряющие эквивалентную и поглощенную дозы излучения или соответствующие мощности доз (рис. 1.3.3).

Среди них выделяют *бытовые дозиметры* (типа ДРГ-0,1-Т «Белла»). Диапазон их измерения колеблется от 10 до 10000 мкЗв/ч. В качестве детекторов используют от одного-двух до четырех газоразрядных счетчиков. Они предназначены для оценки населением *радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях* и других местах.

Для характеристики радиоактивных излучений и их воздействия на облучаемый объект введены *дозиметрические величины* (табл. 1.3.1).

Различают две группы дозиметрических величин. Одни величины характеризуют *преобразование энергии в веществе*, другие – величины, характеризуют *вклад энергии*. Остановимся на наиболее употребляемых величинах.

1) *Величины, определяемые преобразованием энергии. Экспозиционная доза,  $X$*  – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, возникающих при полном торможении электронов и позитронов, образованных фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме, т.е. *отношение*:



### Основные физические величины, используемые в радиационной безопасности, и их единицы

Физическая величина	Наименование и обозначение единицы		Переход	
	системная	внесистемная	от системной к внесистемной единице	от внесистемной к системной единице
<i>Активность нуклида</i> в радиоактивном источнике – число распадов в единицу времени.	Беккерель (Бк, Вq)	Кюри (Ки, Си)	1 Бк = 1 расп. в с, 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
<i>Удельная активность.</i>	Беккерель на килограмм (Бк/кг)	Кюри на килограмм (Ки/кг).	1 Бк/кг = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки/кг	1 Ки/кг = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/кг
<i>Поглощенная доза излучения</i> – количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы физического тела, например, тканями организма.	Грей (Гр, Gy)	Рад (рад, rad).	1 Гр = 1 Дж / кг; 1 Гр = 100 рад; 1 Дж = $10^5$ рад/г	1 рад = 100 эрг/г = 0,01 Гр = $10^2$ Дж/кг = $10^{-2}$ Гр; 1 рад/г = $10^{-5}$ Дж
<i>Доза эквивалентная</i> – поглощенная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий неодинаковую радиационную опасность разных видов ионизирующего излучения (см. табл. 8П).	Зиверт (Зв, Sv)	Бэр (бэр, rem)	1 Зв = 1 Гр = 1 Дж/кг = 100 бэр (для β- и γ излучения); 1 Зв = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг	1 бэр = 0,01 Зв = 10 мЗв
<i>Экспозиционная доза</i> излучения. Отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, возникающих при полном торможении электронов и позитронов, образованных фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме.	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Кл/кг = 3876 Р = $3,88 \cdot 10^3$ Р	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
<i>Мощность дозы облучения</i> – доза, полученная организмом за единицу времени.	Грей в секунду (Гр/с = Дж/кг·с = Вт/кг); Зиверт в секунду (Зв/с), Ампер на килограмм (А/кг)	Рад в секунду (рад/с), Бэр в секунду (бэр/с), Рентген в секунду (Р/с)	1 Гр/с = 100 рад/с, 1 Гр/с = 1 Зв/с = 100 Р/с (для β- и γ- излучения); 1 Зв/с = 100 бэр/с 1 А/кг = 3876 Р/с.	1 рад/с = 0,01 Гр/с, 100Р/с = 1 Зв/с = 1 мкГр/с.
<i>Удельная поверхностная активность</i> радионуклида.	Беккерель на квадратный метр (Бк/м <sup>2</sup> )	Кюри на квадратный километр (Ки/км <sup>2</sup> )	1 Ки/км <sup>2</sup> = $3,7 \cdot 10^4$ Бк/м <sup>2</sup>	1 Бк/м <sup>2</sup> = $2,7 \cdot 10^{-5}$ Ки/км <sup>2</sup>
Интегральная доза	Грей-килограмм (Гр-кг)	Рад-грамм (Рад-г)		1 рад-г = $10^{-5}$ Гр-кг

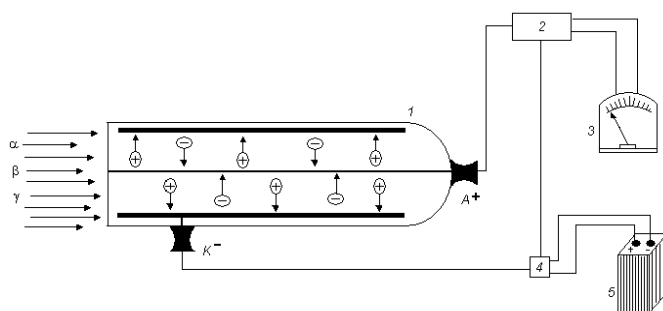


Рис. 1.3.3. Схема устройства дозиметрических приборов

1 – регистрирующее устройство; 2 – усилитель ионизационного тока; 3 – измерительный прибор; 4 – преобразователь напряжения; 5 – источник питания.

1) *Величины, определяемые преобразованием энергии. Экспозиционная доза,  $X$*  – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, возникающих при полном торможении электронов и позитронов, образованных фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме, т.е. отношение:

$$X = dQ/dm, \text{ Единица: Кл кг}^{-1}$$

где  $dQ$  – абсолютное значение полного заряда ионов одного знака, образованных в воздухе при условии, что все электроны и позитроны, образованные в объеме воздуха с массой  $dm$ , полностью тормозятся в воздухе.

В системе СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл/кг). внесистемная единица – рентген (Р). Один рентген (1 Р) – это такая доза фотонного излучения, под действием которой в  $1 \text{ см}^3$  сухого воздуха при нормальных условиях ( $0^\circ \text{C}$  и  $760 \text{ мм рт. ст.}$ ) образуются  $2,083 \cdot 10^9$  пар ионов или  $1,61 \cdot 10^{12}$  пар ионов в 1 г воздуха, несущих одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака.

Если учесть, что заряд электрона равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  кулона, а масса  $1 \text{ см}^3$  воздуха =  $1,29 \cdot 10^{-6}$  кг, то

$$1 \text{ Р} = 2,57976 \cdot 10^{-4} \text{ Кл кг}^{-1}.$$

В свою очередь

$$1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}.$$

На создание такого количества ионов необходимо затратить энергию, равную  $0,114 \text{ эрг/см}^3$  или  $88 \text{ эрг/г}$ , т. е.,  $88 \text{ эрг/г}$  есть энергетический эквивалент рентгена.

Соотношения между единицами измерения экспозиционной и поглощенной дозами составляют: для воздуха  $1 \text{ Р} = 0,88 \text{ сГр}$ , для биологической ткани  $1 \text{ Р} = 0,93 \text{ сГр}$ ,  $1 \text{ сГр}$  равен в среднем  $1,44 \text{ Р}$ .

Мощность экспозиционной дозы, – это отношение  $dX$  к  $dt$ , где  $dX$  – приращение экспозиционной дозы за время  $dt$ :

$$\dot{X} = dX/dt. \text{ Единица: Кл кг}^{-1} \text{ с}^{-1}.$$

Внесистемная единица мощности экспозиционной дозы – рентген в секунду ( $\text{Р с}^{-1}$ ).  $1 \text{ Р/с} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}$ .

Согласно принятому ГОСТу, после 1 января 1990 г. не рекомендуется вообще пользоваться понятием экспозиционная доза и её мощность. Во время

переходного периода эти величины следует указывать не в единицах СИ, а во внесистемных единицах – рентгенах и рентгенах в секунду (Р/с).

$\gamma$ -Постоянная (Г) – мощность экспозиционной дозы (Р/ч), создаваемая нефльтрованным  $\gamma$ -излучением точечного источника данного радиоактивного изотопа активностью в 1 мКи на расстоянии 1 см от него [табл. 1.3.2, Р см<sup>2</sup>/(ч мКи)].

Таблица 1.3.2.

### $\gamma$ -Постоянные некоторых радионуклидов

Радионуклид	$\Gamma_{\gamma}, \text{Р} \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$	Радионуклид	$\Gamma_{\gamma}, \text{Р} \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$
${}^{40}_{19}\text{K}$	5,07	${}^{198}_{79}\text{Au}$	2,30
${}^{60}_{27}\text{Co}$	12,85	${}^{212}_{82}\text{Pb}$	0,664
${}^{131}_{53}\text{I}$	2,16	${}^{235}_{92}\text{U}$	0,741
${}^{134}_{55}\text{Cs}$	8,72	${}^{238}_{92}\text{U}$	0,072
${}^{137}_{55}\text{Cs}$	3,24	${}^{238}_{94}\text{Pu}$	0,002

2) Доза ионизирующего излучения – энергия ионизирующего излучения, поглощённая в единице массы облучаемого вещества. Её величиной, определяемой вкладом средней энергии излучения<sup>8</sup>, поглощенное в единице массы облучаемого вещества, является поглощенная доза,  $D$ . Определяется отношением

$$D = d\bar{\varepsilon}/dm \quad \text{Единица: Дж кг}^{-1}(\text{Гр})$$

где  $d\bar{\varepsilon}$  – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением массе  $dm$ .

В качестве единицы поглощенной дозы излучения в системе СИ используется единица – грей (Гр). Названа в честь Луиса Гарольда Грея (1905-1965 гг.) – крупного английского ученого, специалиста в области дозиметрии ионизирующего излучения.

1 грей – это такая единица поглощенной дозы, при которой 1 кг облучаемого вещества поглощает энергию в 1 джоуль (Дж). Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад.

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 2,388 \cdot 10^{-4} \text{ ккал/кг} = 6,242 \cdot 10^{15} \text{ эВ/г} = 10^4 \text{ эрг/г} \\ = 100 \text{ рад.}$$

Кратные единицы поглощенной дозы – килогрей (1 кГр = 1 Гр • 10<sup>3</sup>), миллигрей (1 мГр = 1 Гр • 10<sup>-3</sup>).

Мощность поглощенной дозы есть отношение  $dD$  к  $dt$ , где  $dD$  – приращение поглощенной дозы за время  $dt$ :

<sup>8</sup>,  $R_{in}$ , всех тех заряженных и незаряженных ионизирующих частиц. Средняя переданная энергия,  $\bar{\varepsilon}$ , веществу в данном объеме равна энергии излучения которые входят в объем, минус энергию излучения,  $R_{out}$ , всех тех заряженных и незаряженных ионизирующих частиц, которые выходят из объема, плюс сумму,  $\sum Q$ , всех изменений энергии покоя ядер и элементарных частиц, которые происходят в данном объеме ( $Q > 0$  – уменьшение энергии покоя;  $Q < 0$  – увеличение энергии покоя):  $\bar{\varepsilon} = R_{in} - R_{out} + \sum Q$ .

$$\dot{D} = dD/dt. \text{ Единица: Дж кг}^{-1} \text{ с}^{-1} \quad (\text{Гр с}^{-1}).$$

3) Две группы величин, в основе которых лежит поглощенная доза, используют для контроля над радиационной безопасностью. Они являются:

✓ расчётными величинами – мерой ущерба от воздействия ионизирующего излучения на человека и его потомков, используют для ограничения облучения людей (нормируемые величины);

✓ величинами для измерений и расчетов.

Величины доз делят также на нормируемые и операционные:

1. Нормируемая величина является мерой ущерба (вреда) от воздействия ионизирующего излучения на человека и его потомков. К нормируемым величинам относят:

а) *Эквивалент дозы (H)*. Рассчитывают путем умножения значения поглощенной дозы на взвешивающий радиационный коэффициент  $W_R$

Таблица 1.3.3.

**Взвешивающие радиационные коэффициенты для отдельных видов излучения ( $W_R$ )**

Вид и энергия излучения	Радиационный коэффициент $W_R$
$\gamma$ - и рентгеновское излучения	1
$\beta$ -Излучение и мюоны всех энергий	1
Нейтроны с энергией:	
– менее 10 кэВ	2
– 10-100 кэВ	4
– более 100 кэВ до 2 МэВ	12
– более 2 МэВ до 20 МэВ	8
– более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
$\alpha$ -частицы, продукты деления, тяжелые ядра	20

(табл. 1.3.3), т.е. он является произведением  $W_R$  на  $D$  в точке ткани:

$$H = W_R \cdot D. \text{ Единица: Дж кг}^{-1}$$

где  $D$  – поглощенная доза, а  $W_R$  – взвешивающий коэффициент для отдельных видов излучения в той же точке:

Значения  $W_R$  учитывает относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов. В случае же внутренних источников – к излучению, испущенному при ядерном превращении.

*Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является Зиверт (Зв)*. Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (до 1963 г. – биологический эквивалент рентгена, после 1963 г. – биологический эквивалент рада). 1 Зв = 100 бэр.

б) *Эффективную дозу (E)*. Сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие тканевые весовые множители,  $W_T$  (табл. 1.3.4):

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T,$$

где  $W_T$  – тканевой весовой множитель.

Таблица 1.3.4.

**Тканевые весовые множители для тканей и органов при расчете эффективной дозы,  $W_T$ <sup>9</sup>**

Органы, ткани	Коэффициент
Гонады (половые железы)	0,2
Красный костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
Желудок	0,12
Лёгкие	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Головной мозг	0,025
Остальные ткани	0,05 <sup>10</sup>

Тканевые весовые множители для тканей и органов,  $W_T$ , являются множителями эквивалентной дозы в органах и тканях, используемым в радиационной защите для учета неодинаковой чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации. Сумма взвешивающих коэффициентов для тканей и органов всего организма составляла единицу.  $W_T$  используется для расчета эффективной дозы.

Единицей эффективной дозы является Зиверт (Зв).

в) *Мощность дозы* (интенсивность облучения) – приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени. Имеет размерность соответствующей дозы (поглощенной, экспозиционной и т.п.), делённую на единицу времени. Допускается использование различных специальных единиц (например, Зв/час, бэр/мин, сЗв/год и др.).

## 2. Операционные величины.

*Источник ионизирующего излучения* (ИИИ, радионуклидный источник) – объект, содержащий радиоактивный материал или техническое устройство, испускающее или способное в определенных условиях испускать ионизирующее излучение. По происхождению источники излучения бывают *естественными и антропогенными*.

Естественные (природные) источники излучения – источники, содержащие природные радионуклиды, возникшие естественным путем и содержащиеся в

<sup>9</sup> Рекомендованы Международной комиссией по радиологической защите для расчета эффективной дозы в «Международных основных нормах безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения», Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).

<sup>10</sup> Это значение распределяется поровну между оставшимися органами и тканями (надпочечники, головной мозг, экстраоракальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечная ткань, поджелудочная железа, селезенка, вилочковая железа и матка).

Земной коре, скалах, почве, строительных материалах, воздухе, пище, воде и др. Их делят на космические и Земные. Они создают радиационный фон.

*Радиационный фон* – это уровень радиационной ситуации, вызванной рассеянной радиоактивностью земной коры и проникающим космическим излучением. *Естественный радиационный фон* – мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения, создаваемая всеми природными источниками ионизирующего излучения.

Уровень *радиационного фона* позволяет оценить радиационную обстановку во время измерения ионизации за определенный интервал времени, т.е. *мощность экспозиционной дозы*, выражающуюся в микрорентгенах/час (мкР/ч).

*Космическое излучение* – электромагнитное или корпускулярное излучение высокой энергии ( $10^{20}$ – $10^{21}$  эВ и выше). Оно представлено элементарными частицами и ядрами атомов, родившимися, ускоренными до высоких энергий во Вселенной и приходящими к нам на Землю. Космические лучи делят на первичные и вторичные. Первичное космическое излучение бывает Метагалактическим, Галактическим, Солнечным и межпланетным. Различают первичное и вторичное космические излучения.

*Первичное космическое излучение* изотропно в пространстве и неизменно во времени. Оно состоит на 90% из протонов, на 7% из  $\alpha$ -частиц и на 3% – из других атомных ядер, вплоть до самых тяжелых, электронов, позитронов и фотонов большой энергии. Поток нейтронов и рентгеновского излучения космических тел имеет диапазон энергий фотонов от 100 эВ до  $10^5$  эВ.

*Вторичное космическое излучение* является результатом взаимодействия на высотах порядка нескольких десятков километров ( $10^4$  м) от поверхности Земли первичного космического излучения с ядрами элементов, входящими в состав атмосферы. Образуются  $\pi$ - и  $K$ -мезоны различных зарядов, протоны, нейтроны,  $\gamma$ -кванты, радионуклиды  $^3\text{H}$  ( $T_{1/2} = 12,3$  года),  $^7\text{Be}$  ( $T_{1/2} = 53,3$  суток),  $^{22}\text{Na}$  ( $T_{1/2} = 2,6$  года),  $^{14}\text{C}$  ( $T_{1/2} = 5730$  лет). У поверхности Земли поток космических лучей равен  $\sim 1$  частице/см<sup>2</sup> в одну секунду.

Земная радиация создается содержащимися в почве 40  $\alpha$ -радиоактивных изотопов объединены в три радиоактивных ряда, которые начинаются с тория ( $^{232}\text{Th}$ ) и урана ( $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$ ). К ним можно отнести также и четвертый ряд – ряд нептуния, начинающийся с  $^{237}\text{Np}$  (многие радионуклиды из этого семейства уже распались). Отдельно от этих семейств находится калий-40 ( $^{40}\text{K}$ ) и рубидий-87 ( $^{87}\text{Rb}$ ).  $^{40}\text{K}$ , уранового и ториевого радиоактивных рядов и др. Они создают, в основном,  $\beta$ - и  $\gamma$ -облучение человека.

Ионизирующие излучения земного и космического происхождения создают естественный радиационный фон. Значения фона на улице в г. Минске – 8–12 мкР/час, в помещении – 15–20 мкР/час. Чернобыльская авария добавила к этому значению еще 0,2 мЗв. Нормальный радиационный фон, обеспечивающий облучение 1 мЗв в год, равен:  $1 \text{ мЗв}/365 \text{ (дней)} = 0,0027 \text{ мЗв/в сутки}$ ,  $0,0027 \text{ мЗв}/24 = 0,0001125 \text{ мЗв/в час} = 0,1125 \text{ мкЗв/в час} = 12,9 \text{ мкР/час}$ .

*Антропогенные источники излучения* – ИИИ, специально созданные для полезного применения или являющиеся побочными продуктами этой дея-

тельности. Они созданы в связи с увеличивающимся использованием ядерных технологий в медицине, промышленности и энергетике. Медицинские источники ионизирующего излучения являются одним из наиболее значимых факторов облучения человека. К ним относят рентгеновскую аппаратуру, лучевую терапию и радиоизотопную диагностику.

Промышленные радиоактивные источники используют для облучательных установок, промышленной дефектоскопии, стерилизации, дезинфицирования продуктов, обеззараживания отходов и др. Многие производственные оборудование имеет радиоактивные изотопы или генераторы рентгеновского излучения. Это датчики толщины, уровня, вискозиметры, приборы  $\gamma$ -графийи. Важную роль играют также рентгеновские установки для проверки пассажиров и их багажа в аэропортах, установки для контроля качества и структуры сплавов, установки для исследования смазочных материалов, установки для холодной стерилизации перевязочного материала и медицинского инструмента, установки для облучения автомобильных шин с целью увеличения срока их пробега, установки для снятия статического электричества и др.

И ядерное оружие, и атомная энергетика представляют опасность как источники облучения человека и загрязнения окружающей среды радионуклидами. *Атомная электрическая станция (АЭС)* – комплекс сооружений, предназначенных для выработки электрической энергии путем использования энергии, выделяемой при контролируемой реакции деления ядер атомов урана-235. в ядерном реакторе (рис. 1.3.4).

На АЭС разогретый в ядерном реакторе теплоноситель перекачивают насосами в теплообменник. Проходя через теплообменник, либо парогенератор, разогретый теплоноситель отдает тепло теплоносителю внешнего контура. Перенос тепла и движение его носителей происходит по схеме: реактор  $\rightarrow$  теплообменник  $\rightarrow$  парогенератор  $\rightarrow$  паротурбинная установка  $\rightarrow$  генератор  $\rightarrow$  конденсатор  $\rightarrow$  насос. Образовавшийся пар приводит в действие паровую турбину и турбогенератор (рис. 1.3.5).

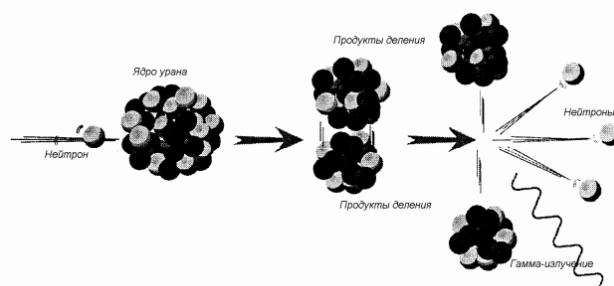


Рис. 1.3.4. Расщепление урана-235

Основные используемые типы ядерных реакторов. 1) *Графито-водяные реакторы* – реакторы с водяным теплоносителем и графитовым замедлителем. Пароводная смесь кипящего теплоносителя проходит через сепаратор. Вода возвращается на вход реактора. Пар попадает непосредственно на турбину. Представителем такого типа реакторов является реактор большой мощности канальный (РБМК) мощностью 1000 МВт. 2) *Водо-водяные энергетические реакторы* (ВВЭР) - с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя. В качестве топлива используют обогащенный до 4,5%  $^{235}\text{U}$ . Реактор имеет два контура. Энергетическая мощность большинства реакторов типа ВВЭР 1000 МВт. 3) *Тяжеловодные реакторы* - с водяным теплоносителем и тяжелой водой (иногда - легкой воды) в качестве замедлителя. Контур

циркуляции теплоносителя и замедлителя разделены. Реакторы работают на необогащенном топливе. 4) *Графитогазовые реакторы* – реакторы с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем.

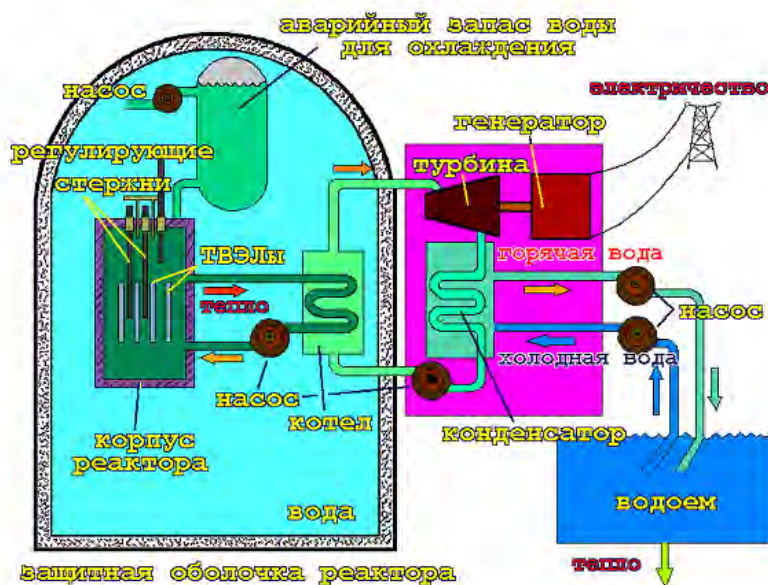


Рис. 1.3.5. Схема АЭС

Радиационная безопасность населения при их эксплуатации АЭС обеспечивается глубоко эшелонированной защитой: 1) созданием ряда последовательных барьеров на пути выхода в окружающую среду накопленных при эксплуатации радиоактивных продуктов; 2) высоким уровнем надежности за счет реализации специальных требований к обеспечению и контролю

качества при конструировании, изготовлении и монтаже, поддержании достигнутого уровня при эксплуатации за счёт проведения контроля и диагностики (непрерывных или периодических) состояния физических барьеров и устранения обнаруженных дефектов, повреждений и отказов; 3) создания защитных и локализирующих систем, предназначенных для предотвращения повреждений физических барьеров, ограничения или снижения размеров радиационных последствий, при возможных нарушениях пределов и условий нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций.

Атомная энергетика связана с повышенной опасностью ее объектов для людей, которая проявляется в крайне неблагоприятных последствиях аварий с разрушением атомных реакторов. Всего в мире на сегодняшний день работает 440 атомных реакторов. Разрушений и аварий таких ректоров в истории развития ядерной энергетики было много. Некоторые даже с человеческими жертвами. Только в СССР за 50 лет (начиная с 1954 г.) в результате 176 радиационных аварий и инцидентов<sup>11</sup> от поражения радиацией пострадало 568 человек, в том числе погиб 71 человек. Чернобыльская авария затронула жизнь более 7 млн. человек и коснется многих, в том числе и не родившихся детей. Средства же на ликвидацию последствий катастрофы могут превысить экономическую прибыль от работы всех АЭС.

<sup>11</sup> Радиационная авария – выход из строя энергетической установки, сопровождающийся выбросом радиоактивных веществ или излучения за пределы допустимой территории в количестве, превышающем предельное значение. Радиационный инцидент – событие, при котором происходит облучение в дозах, превышающих установленные пределы для соответствующих категорий лиц.



Опасность представляют и обычно работающие АЭС, обуславливающие радиоактивное облучение персонала и радиоактивные выбросы в окружающую среду. Их количество и характер зависит от конструкции реактора и качества его сборки и эксплуатации. У РБМК они наибольшие, у реактора с шаровой засыпкой наименьшие. Большую опасность представляют также радиоактивные ядерные отходы. Их переработка и утилизация одна из основных проблем, касающаяся не только представителей атомной промышленности, но и экологов. А захороненные радиоактивные вещества проникают вглубь Земли и имеют возможность просачиваться в грунтовые и проточные воды. Опасность атомной энергетики отождествляют с опасностью ядерного оружия, с его чудовищной разрушительной силой, продемонстрированной в Хиросиме и Нагасаки.

По данным ООН, с 1945 г. до 1980 г. произведено 423 взрыва ядерных устройств суммарной мощностью 545,4 Мт. Радиационными последствиями подрыва ядерного устройства являются *проникающая радиация* и *радиоактивное загрязнение* окружающей среды. За счёт ядерных испытаний в атмосфере во внешнюю среду поступило  $1,81 \cdot 10^{21}$  Бк продуктов ядерного деления, представляющих смесь более чем 200 радиоактивных изотопов 36 элементов таблицы Менделеева. За все время проведения ядерных взрывов (до 1990 г.) на земную поверхность выпало  $5,99 \cdot 10^{17}$  Бк  $^{90}\text{Sr}$ ,  $9,6 \cdot 10^{17}$  Бк  $^{137}\text{Cs}$ . На 1982 г. в стратосфере еще циркулировало около  $1,8 \cdot 10^{15}$  Бк  $^{90}\text{Sr}$  и  $3,2 \cdot 10^{15}$  Бк  $^{137}\text{Cs}$ . Кроме того, при ядерных взрывах образовалось значительное количество трансурановых элементов. Большая часть выпадений (~75%) приходится на северное полушарие.

## 1.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ДОЗИМЕТРИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ. БЫТОВЫЕ ДОЗИМЕТРЫ И РАДИОМЕТРЫ<sup>12</sup> (2 часа)

**Цель работы** – ознакомиться с методами обнаружения и измерения радиоактивности бытовыми дозиметрами, определением мощности дозы  $\gamma$ -излучения радиационного фона в лаборатории, плотности потока  $\beta$ -излучения с загрязненных поверхностей продуктов питания, оценкой удельной активности радионуклидов в пробах пищевых продуктов при помощи бытовых дозиметрических приборов (рис. 1.4.1).



Рис. 1.4.1. Бытовой дозиметрический прибор – «Белла»

**1.4.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь таблицы 1.4.1–1.4.3 и во время работы заполнить их полученными данными измерения, рассчитать полученные результаты и сделать вывод по результатам выполненных измерений.

#### 1.4.2 Устройство и работа бытовых дозиметров

«Белла» – дозиметр внешнего  $\gamma$ -облучения. Оперативно оценивает радиационную обстановку в бытовых условиях, определяет уровень мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения. Диапазон измерения мощности прибора составляет 0,20–99,99 мкЗв/ч. Основная погрешность измерения – 30%. Время измерения – 45 с.

Органы управления прибора (табло, индикаторы, крышка отсека батарейного питания) расположены на боковой части корпуса и передней панели. На верхней боковой поверхности находятся лампочка индикатора напряжения элемента питания и кнопка «КОНТР. ПИТАНИЯ». Прибор имеет два режима работы. В режиме «ПОИСК» прибор служит для грубой оценки радиационной обстановки: прибор ведёт счёт импульсов от счетчика прибора и подает звуковые сигналы. В режиме «ИЗМЕРЕНИЯ» мощности эквивалентной дозы прибор считает импульсы от счётчика прибора. По окончании счета, время которого определяется внутренним таймером, на цифровом табло индуцируется число, соответствующее мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения в мкЗв/ч.

*Проверка работоспособности прибора «Белла».* Включить прибор: выключатель питания переведите в положение «ВКЛ». Включение прибора должно сопровождаться коротким звуковым сигналом. Постоянный звуковой сигнал требует установить новый элемент питания.

<sup>12</sup>Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С 33–59.

Если переключатель режима работы находится в положении «МД» или в положении «Т», то на цифровом табло должно появиться 0.000, либо – 0.0.0.0.

**β-γ-радиометр «Сосна»** предназначен для индивидуального контроля населением радиационной обстановки. Позволяет осуществлять в бытовых условиях индивидуальный радиационный контроль окружающей среды, измеряет: 1) мощность эквивалентной дозы γ-излучения; 2) плотность потока β-излучения с загрязненных радионуклидами поверхностей; 3) удельную активность β-излучений радионуклидов в продуктах, кормах и др.

Измерение можно производить как в районах с естественным радиационным фоном, так и в районах, загрязненных долгоживущими нуклидами, а также в местах размещения радиационно опасных объектов и на объектах экономики, где используются источники γ-излучения.

Диапазоны измерений: мощности экспозиционной дозы – 0.01–9,99 мР/ч; плотности потока β-излучения – 10–5000 част/см<sup>2</sup> мин; объемной активности растворов (по изотопу <sup>137</sup>Cs) = 10<sup>-7</sup>–10<sup>-6</sup> Ки/л. Время измерения – 20 ± 5 с (рис. 1.4.2).

Корпус прибора состоит из 2-х частей, соединенных между собой винтами. В верхней части на лицевой панели расположены органы управления и индикации, отсек элемента питания с крышкой. Внутри верхней части корпуса размещены 2 печатные платы.



Рис. 1.4.2. Бытовой радиометр «Сосна»

Батарейный отсек приоткрыт. Показывает 16 микро-рентген/час.

Блок детекторов прибора «Сосна». Видны 4 счётчика Гейгера СБМ-20 и часть корректора спектра чувствительности (свинцовая фольга справа).

В нижней части корпуса расположена плата с установленными на ней счетчиками излучений. К нижней части корпуса крепится поворотная задняя крышка, являющаяся экранирующим фильтром. Между датчиками и задней крышкой установлена тонкая пленочная прокладка.

При установке переключателя режимов работы в положение «МД», в приборе работает внутренний таймер, который через заданное время прекращает счёт импульсов. Импульсы возникают при попадании ионизирующих частиц в рабочие объёмы счетчиков.

При установке переключателя режимов работы в положение «Т», таймер прибора не работает. Время счета импульсов контролируется по часам. На цифровом табло индуцируется количество импульсов на заданный период времени.

Схема сигнализации выдает звуковой сигнал по окончании времени измерения, если переключатель режима работы находится в положении «МД» и короткий звуковой сигнал при прохождении каждого десятого импульса, если переключатель режима работы находится в положении «Т».

*Проверка работоспособности* прибора «Сосна». Проверить исправность электронной пересчетной схемы и таймера прибора. Перевести переключатель режима работы в положение «МД», нажать кнопку «КОНТР» и удерживать ее в нажатом состоянии до конца проведения контрольной проверки, а затем кратковременно нажать кнопку «ПУСК». На цифровом табло должны появиться три точки между цифровыми знаками и начаться отсчет чисел. Через  $20 \pm 5$  с отсчет чисел заканчивается, звучит короткий звуковой сигнал, а на табло появится число. Например, 1,024.

После окончания отсчета отпустить кнопку «КОНТР». Если полученное число отличается от 1,024, то прибор считается неисправным.

Проверить исправность преобразователя напряжения и счетчиков. Установить переключатель режима работы в положение «МД» и нажать кнопку «ПУСК». После окончания измерения на табло должно появиться число, по величине близкое к естественному фону  $\gamma$ -излучения, но не меньше 0,005. В противном случае прибор считается неисправным.

**1.4.3 Подготовка приборов к работе.** Перед включением прибора ознакомьтесь с устройством приборов, руководством по их эксплуатации, с порядком подготовки к работе.

*Включить прибор «Белла».* На цифровом табло высвечиваются нули и точки после каждого разряда: 0.0.0.0. Измерение мощности эквивалентной дозы длится 40 с. Затем точки исчезнут, и останется только одна, фиксирующая показания в мкЗв/ч, например, 0,15. Показания на табло будут сохраняться в течение 40 с, после чего они автоматически сбросятся, и начнется следующее измерение. Измерение можно начать, не дожидаясь 40 с. Для этого необходимо нажать кнопку «КОНТР. ПИТАНИЯ».

*«Сосна».* Перевести переключатель режима работы в положение «МД». Включить прибор. Нажать кнопку «ПУСК», на цифровом табло должны появиться точки после каждого разряда 0.0.0.0. и начаться счет импульсов. Через  $20 \pm 5$  с измерение закончится, что сопровождается звуковым сигналом, а на цифровом табло фиксируется число с одной точкой, например, 0,012. Оно соответствует мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения, измеренной в мР/ч. Измерения провести 5 раз. Полученные значения записать в табл. 1.4.1.

**Измеренная мощность эквивалентной и экспозиционной доз**

Прибор	Число измерений						
	1	2	3	4	5	Среднее значение показаний прибора	Среднее значение замеренной величины в мкР/ч
«Белла» (мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч)							
«Сосна» (мощность экспозиционной дозы, мР/ч)							

Рассчитать среднее значение мощности экспозиционной дозы в мР/ч и перевести его в мкР/ч, умножив на  $10^3$ . Полученное значение мкЗв/ч прибора «БЕЛЛА» переводят в мкР/ч, учитывая, что для  $\gamma$ -излучения  $1 \text{ Зв} = 114,5 \text{ Р}$ . Сделать вывод о соответствии полученного значения мощности экспозиционной дозы естественному фону. Сравнить величину естественного фона, полученного на приборах «БЕЛЛА» и «СОСНА».

**1.4.4 Измерение плотности потока  $\beta$ -излучения с загрязненных поверхностей продуктов питания.** 1) Проверить, закрыта ли задняя крышка прибора. 2) Перевести переключатель режима работы в положение «МД». 3) Положить прибор плоскостью закрытой задней крышки на исследуемую поверхность. 4) По результатам измерений сделать заключение об уровне естественного радиационного фона в данной аудитории (нормальный естественный радиационный фон для Минска составляет 10–20 мкР/ч).

– Включить прибор. Нажать кнопку ПУСК.

– Показания прибора (число импульсов  $\gamma$ -излучения –  $N_\gamma$ ) занести в п.п. 3–5 табл. 1.4.2.

Измерения провести не менее 3-х раз. Осторожно открыть заднюю крышку прибора.

– Выполнить измерение с открытой задней крышкой аналогично пункту 2. Показание прибора (суммарное число импульсов  $N_{\gamma+\beta}$  излучения) занести в п.п. 3–5 табл. 1.4.2. Измерения провести три раза.

– Выключить прибор.

– Закрыть заднюю крышку прибора.

– Рассчитать средние значения для  $N_\gamma$  и  $N_{\gamma+\beta}$ . Данные занести в п. 6 табл. 1.2.3.

– Вычислить величину плотности потока  $\beta$ -излучения с поверхности по формуле:

$$q = Ks \cdot (N_{\gamma+\beta \text{ ср.}} - N_{\gamma \text{ ср.}}) \text{ част./}(\text{см}^2 \cdot \text{мин}),$$

где  $N_{\gamma+\beta \text{ ср.}}$  и  $N_{\gamma \text{ ср.}}$  – средние значения показаний прибора с открытой и закрытой задней крышкой (число импульсов соответствует числу радиоактивных распадов в исследуемом веществе). Коэффициент счета прибора  $K_s$  равен 0,5 част/(см<sup>2</sup>·мин·имп.).

Таблица 1.4.2.

**Измерение плотности потока  $\beta$ -излучения (загрязненности) с загрязненных поверхностей продуктов питания<sup>13</sup>**

Исследуемые пробы	Показание табло (имп.)				Среднее значение	Плотность потока исследуемой пробы
	2	3	4	5		
	$N_{\gamma}$					
	$N_{\gamma+\beta}$					
	$N_{\gamma}$					
	$N_{\gamma+\beta}$					
	$N_{\gamma}$					
	$N_{\gamma+\beta}$					

Значения числа импульсов подставляются в формулу без учета точки на табло. Например, если показания на табло 0,040, то в формулу необходимо подставить значение 40. Среди полученных значений плотности  $\beta$ -потока проб в п. 7 табл. 1.4.2 выделить наибольшую величину  $\beta$ -загрязненности.

**1.4.5 Оценка удельной активности радионуклидов в пробах пищевых продуктов.**

- Взять чисто вымытую сухую кювету.
- Установить переключатель режима работы в положение «Г».
- Открыть заднюю крышку прибора.
- Включить прибор.
- Подготовить часы или секундомер для фиксации времени измерения.
- Установить прибор на пустую кювету (данные фона). Время измерения  $t = 10$  мин. Показания прибора  $N_{\phi}$  занести в табл. 1.4.4.
- Установить прибор на кюветы с исследуемыми продуктами питания.
- Нажать кнопку «ПУСК». Провести исследования аналогично пункту 6. Через  $t = 10$  мин нажать кнопку «СТОП» Показания прибора ( $N_{\phi+n}$ ) занести в табл. 1.4.4.
- Выключить прибор. Снять его с кюветы и закрыть заднюю крышку.
- Произвести оценку величины удельной активности радионуклидов в пробе по формуле:

$$A = K_n(N_{\phi+n}/t - N_{\phi}/t) \text{ Бк/кг(Ки/кг)},$$

<sup>13</sup>В табл. 1.4.2 показания прибора записывают без учета знака, например, показание 0,525 записывают в таблице как 525. Если показания прибора более 1500 имп., то необходимо заменить кювету и повторить измерения.

где  $K_n$  – коэффициент прибора, равен 300 при размерности Бк/(кг имп.), или  $8 \cdot 10^{-9}$  Ки/(кг имп.);  $t$  – время измерения проб пищевых продуктов, выраженное в секундах (600 сек.).

Таблица 1.4.3.

**Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)**

Наименование продуктов	Ки/кг, Ки/л	Бк/кг, Бк/л
<i>Для цезия - 137</i>		
Вода питьевая	$2,7 \cdot 10^{10}$	10
Молоко и цельномолочная продукция	$2,7 \cdot 10^{-9}$	100
Молоко сгущенное и концентрированное	$5,4 \cdot 10^{-9}$	200
Творог и творожные изделия	$1,4 \cdot 10^{-9}$	50
Сыры сычужные и плавленые	$1,4 \cdot 10^{-9}$	50
Масло коровье	$2,7 \cdot 10^{-9}$	100
Мясо и мясные продукты, в том числе: говядина, баранина и продукты из них; свинина, птица и продукты из них	$1,4 \cdot 10^{-9}$	500
	$4,9 \cdot 10^{-9}$	180
Картофель	$2,2 \cdot 10^{-9}$	80
Хлеб и хлебобулочные изделия	$1,1 \cdot 10^{-9}$	40
Мука, крупы, сахар	$1,6 \cdot 10^{-8}$	60
Жиры растительные	$1,1 \cdot 10^{-8}$	40
Жиры животные и маргарин	$2,7 \cdot 10^{-9}$	100
Овощи и корнеплоды	$2,7 \cdot 10^{-9}$	100
Фрукты	$1,1 \cdot 10^{-9}$	40
Садовые ягоды	$1,9 \cdot 10^{-9}$	70
Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	$2,0 \cdot 10^{-9}$	74
Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	$5,0 \cdot 10^{-9}$	185
Грибы свежие	$1,0 \cdot 10^{-7}$	370
Грибы сушеные	$6,8 \cdot 10^{-7}$	2500
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	$1,0 \cdot 10^{-9}$	37
Прочие продукты питания	$1,0 \cdot 10^{-8}$	370
<i>Для стронция - 90</i>		
Вода питьевая	$1,0 \cdot 10^{-11}$	0,37
Молоко и цельномолочная продукция	$1,0 \cdot 10^{-10}$	3,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	$1,0 \cdot 10^{-10}$	3,7
Картофель	$1,0 \cdot 10^{-10}$	3,7
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	$5,0 \cdot 10^{-11}$	1,85

**Удельная активность радионуклидов в пробах пищевых  
продуктов**

Исследуемая проба	Длительность измерения с пустой кюветой, мин (t <sub>1</sub> )	Показания прибора с пустой кюветой, N <sub>ф</sub>	Длительность измерения пробы, мин (t <sub>2</sub> )	Показания прибора с пробой, N <sub>ф+пр</sub> <sup>-</sup>	Удельная активность пробы, А Бк/кг

– Полученное значение удельной активности пищевого продукта сравнить с РДУ–99 (табл. 1.4.3). Сделать вывод о пригодности или непригодности использования исследуемого образца в пищу.

*Все расчёты следует производить с точностью до второго знака после запятой.*

#### 1.4 Выводы по выполненной работе

### 1.5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### ОЦЕНКА ДОЗ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА<sup>14</sup> (2 часа)

**Цель работы** – научиться рассчитывать дозы внешнего и внутреннего облучения человека и выбирать способы защиты при постоянном или временном проживании на радиоактивно загрязненной местности.

**1.5.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить учебно-методический материал. 2) Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 1.5.1. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.

#### 1.5.2 Решение задач

**Задача 1. Расчет доз внешнего фотонного излучения от точечного источника** (табл. 1.5.1). Мощность дозы фотонного излучения рассчитываем по формуле:

$$\dot{H} = A \cdot \Gamma / R^2, \text{ Р/ч}, \quad (1.5.1),$$

где **A** – активность радионуклида в источнике, [мКи]; **Γ** – γ-постоянная радионуклида; **R** – расстояние источника до объекта.

<sup>14</sup>Приводится адаптированная к учебному комплексу методика, разработанная Пустовитом В.Т. и сотр. и опубликованная в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность». Оценка радиационной опасности и способов противорадиационной защиты. / ч 3. Минск: Изд-во БНТУ С. 45–61.



Таблица 1.5.1.

## Исходные данные

№ варианта	Задача 1.5.2.1			
	$\Gamma$ , [(Рсм <sup>2</sup> ) / (ч · мКи)];	A, мКи	t, ч	R, см
1	3,24 (цезий-137)	5	250	300
2	9,03 (радий-226)	12	500	180
3	13,85 (кобальт-60)	15	200	200
4	9,03 (радий-226)	10	600	150
5	3,24 (цезий-137)	9	400	130
6	13,85 (кобальт-60)	2	700	100
7	9,03 (радий-226)	12	2000	20
8	13,85 (кобальт-60)	10	250	160
9	9,03 (радий-226)	8	280	90
10	13,85 (кобальт-60)	15	260	30
11	3,24 (цезий-137)	7	2000	150
12	13,85 (кобальт-60)	2	3000	90
13	9,03 (радий-226)	5	600	40
14	13,85 (кобальт-60)	10	1000	100
15	3,24 (цезий-137)	10	1600	130
16	9,03 (радий-226)	11	2000	160
17	13,85 (кобальт-60)	2	3000	80
18	3,24 (цезий-137)	4	600	70
19	13,85 (кобальт-60)	4	1200	150
20	9,03 (радий-226)	10	3500	150
21	13,85 (кобальт-60)	1	550	50
22	3,24 (цезий-137)	3	4000	60
23	13,85 (кобальт-60)	4	1500	40
24	9,03 (радий-226)	2	1000	200
25	3,24 (цезий-137)	3	5500	30
26	9,03 (радий-226)	6	4300	80
27	13,85 (кобальт-60)	8	7000	100
28	3,24 (цезий-137)	20	3000	70
29	13,85 (кобальт-60)	12	1600	60
30	9,03 (радий-226)	16	8000	50

Экспозиционную дозу (в рентгенах) определяем по формуле:

$$X = t \cdot A \cdot \Gamma / R^2, \text{ P} \quad (1.5.2)$$

$$X = \dot{X} \cdot t$$

В формуле (1.5.2)  $t$  – время облучения, ч в течение одного года (365 суток x 24 часов). Поглощенная доза (в радах) в воздухе:

$$D_B = 0,88 X_B, \text{ сГр} \quad (1.5.3)$$

Поглощенная доза в биологической ткани:

$$D_T = 0,96 X_B, \text{ сГр} \quad (1.5.4)$$

Эквивалентная доза для фотонного излучения:

$$H = 0,96 X_B, \text{ сЗв} \quad (1.5.5)$$

**Задача 2. Расчет эквивалентных доз внешнего  $\gamma$ -облучения людей по измеренной начальной активности (табл. 1.5.2).**

Местность загрязнена  $^{137}\text{Cs}$  с активностью  $A_{0\text{с}}$ . Какую дозу внешнего  $\gamma$ -излучения  $H_\gamma$  получит население, постоянно проживающее на этой территории в течение  $t$  лет? Считать, что люди постоянно находятся на открытой местности. Период полураспада  $^{137}\text{Cs}$  – 30 лет.

Таблица 1.5.2.

## Данные для решения задачи 2 и 3

№ п/п	Задача 2		Задача 3					Продукты питания
	$A_{0s}$ , Ки/км <sup>2</sup>	t, лет	V, литр молока в сутки	M, кг/сутки	$A_v$ , Бк/л	$A_m$ , Бк/кг	$Big$ , мЗв/Бк	
1	40	60	2	0,2	400	600	$1,4 \cdot 10^{-5}$	говядина
2	30	70	0,5	0,5	300	800	$1,4 \cdot 10^{-5}$	баранина
3	35	60	1	2,2	150	130	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
4	25	65	—	1,5	—	185	$1,4 \cdot 10^{-5}$	птица
5	20	70	0,2	0,2	550	1500	$1,4 \cdot 10^{-5}$	грибы
6	20	75	0,3	—	12	—	$3,5 \cdot 10^{-5}$	молоко
7	15	60	0,1	0,1	120	800	$1,4 \cdot 10^{-5}$	грибы
8	19	70	0,25	1,5	135	180	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
9	22	60	1,5	1,7	170	185	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
10	33	65	1,3	0,5	160	550	$1,4 \cdot 10^{-5}$	говядина
11	34	75	1,2	0,8	185	150	$1,4 \cdot 10^{-5}$	свинина
12	24	60	1,9	0,3	127	580	$1,4 \cdot 10^{-5}$	баранина
13	23	67	1,2	0,7	111	650	$1,4 \cdot 10^{-5}$	говядина
14	40	68	0,5	1,0	172	80	$1,4 \cdot 10^{-5}$	фрукты
15	39	70	0,65	—	8	—	$3,5 \cdot 10^{-5}$	молоко
16	39	60	1,27	1,3	136	125	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
17	38	65	2,2	1,25	122	85	$1,4 \cdot 10^{-5}$	картофель
18	28	50	—	1,33	—	110	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
19	26	50	0,56	0,85	140	120	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
20	28	65	1,36	0,5	112	700	$1,4 \cdot 10^{-5}$	баранина
21	27	70	1,8	0,2	132	200	$1,4 \cdot 10^{-5}$	клюква
22	35	50	1,2	0,5	5	8	$3,5 \cdot 10^{-5}$	картофель
23	27	50	1,5	0,5	122	60	$1,4 \cdot 10^{-5}$	творог
24	28	70	1,7	0,6	4	7	$3,5 \cdot 10^{-5}$	мука
25	29	70	1,0	1,3	121	140	$1,4 \cdot 10^{-5}$	овощи
26	21	55	0,5	—	5	—	$3,5 \cdot 10^{-5}$	молоко
27	22	65	0,4	0,5	118	70	$1,4 \cdot 10^{-5}$	фрукты
28	23	60	0,8	0,2	136	300	$1,4 \cdot 10^{-5}$	черника
29	24	70	1,0	0,1	120	190	$1,4 \cdot 10^{-5}$	земляника
30	25	70	2,0	0,3	120	900	$1,4 \cdot 10^{-5}$	баранина

**Примечание:**  $Big_1 = 1,4 \cdot 10^{-5}$  мЗв/Бк – для цезия-137;  $Big_2 = 3,5 \cdot 10^{-5}$  мЗв/Бк – для стронция-90.

Использовать формулы:

$$X = (\dot{X}H/2 + \dot{X}K/2) \cdot t, \quad (1.5.6)$$

где  $X$  – экспозиционная доза, мкР;  $\dot{X}H$  – мощность экспозиционной дозы в начале облучения, мкР/ч;  $\dot{X}K$  – мощность экспозиционной дозы в конце облучения, мкР/ч;

$$\begin{aligned} \dot{X}H &= 15 A_{0s}; \\ \dot{X}K &= 15 \cdot A_{0s} / 2^{t/T}; \\ [A_{s0}] &= \text{Ки/км}^2 \quad (1.5.7). \end{aligned}$$

При расчете величины  $X$  величина  $t$  преобразуется из лет в часы, а результат в мкР преобразуют в Р.

Таблица 1.5.3.

## Данные для решения задачи 4

№ п/п	Задача 4							
	$A_{S_i}$ , Ки/км <sup>2</sup>	$t_n$ , лет	$t_k$ , лет	$t_{жд}$ , ч	$K_{жд}$	$t_{пз}$ , ч	$K_{пз}$	$t_{ом}$ , ч
1	1	10	60	8	10	8	5	8
2	2	1	70	8	13	6	7	10
3	3	0	60	8	15	10	5	6
4	4	0	60	8	8	6	6	10
5	5	1	70	8	6	8	7	8
6	6	5	50	10	7,5	6	7	8
7	7	1	65	8	8	8	5	8
8	8	0	72	8	8	6	9	10
9	9	0	68	8	10	8	8	8
10	10	1	56	10	26	6	7	8
11	11	0,5	30	8	44	10	7	6
12	12	0	75	10	30	6	6	8
13	13	10	65	8	2	8	7	8
14	14	2	70	10	6	6	8	8
15	15	10	60	8	2	4	8	12
16	16	5	50	8	7,7	8	8	8
17	17	2	60	8	2	4	7	12
18	18	10	55	8	6	10	6	6
19	19	0,5	60	8	2	8	5	8
20	20	0	55	10	15	6	5	8
21	21	1	65	8	10	10	7	6
22	22	5	70	8	9	6	5	10
23	23	0	20	10	13	6	9	8
24	24	10	54	10	7	6	5	8
25	25	3	60	8	44	10	7	6
26	26	5	45	10	8	6	6	8
27	27	10	40	10	50	6	9	8
28	28	0	70	8	8	10	5	6
29	30	0	50	10	75	6	10	8
30	40	10	50	8	68	10	5	6

**Принятые допущения:** 1.  $T_{реж} = 24$  ч. 2. В задаче не учитывается время пребывания и коэффициент защищенности защитного сооружения. 3. В задаче не учитывается время пребывания и коэффициент защищенности при поездке в транспорте. 4. В задаче учтено только гамма-излучение.

Так как  $1 \text{ Зв} = 114,5 \text{ Р}$ , то эквивалентная доза внешнего  $\gamma$ -облучения  $H_\gamma$  высчитывается по формуле:

$$H_\gamma = 0,96 X, \text{ сЗв} \quad (1.5.8).$$

Полученную дозу сравнивают с дозами, при которых возможны хронические степени лучевой болезни и делают вывод о последствиях такого облучения.

**Задача 3. Расчет эквивалентных доз внутреннего облучения с помощью дозовых коэффициентов (табл. 1.5.2). Выражения для оценки годовой**

мощности эквивалентной дозы  $\dot{H}_{iq}$ , при поступлении радиоактивных веществ с водой, пищей и воздухом, можно определить по формулам:

$$\dot{H}_{iq} = B_{iq} \cdot A_v \cdot v + B_{iq} \cdot A_m \cdot M, \quad (1.5.9)$$

где  $A_v$  – объемная активность воздуха, воды или молока, Бк/м<sup>3</sup>;  $A_m$  – удельная активность потребляемой пищи, Бк/кг;  $v$  – объем вдыхаемого воздуха, потребляемой воды или молока в единицу времени, м<sup>3</sup>/год;  $M$  – масса потребляемых продуктов питания, кг/год;  $B_{iq}$  – дозовые коэффициенты, мЗв/Бк.

Эквивалентная доза внутреннего облучения рассчитывается по формуле:

$$H_{внут} = \dot{H}_{iq} t, \quad \text{Зв} \quad (1.5.10).$$

В формуле (1.5.10)  $t = 365$  суток, если величины  $v$  и  $M$  рассчитаны на сутки.

#### 1.5.2.4. Расчет поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения

**Задача 4. Расчет поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения человека при длительном проживании на радиоактивно загрязненной территории (табл. 1.5.3).**

При длительном проживании на радиоактивно-загрязненной территории, загрязненной изотопами <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, и учитывая, что их период полураспада примерно одинаков (принимая равной 30 лет), условно можно считать, что мощность дозы в течение года остается неизменной.

Тогда мощность поглощенной дозы определяется по формуле:

$$P_0 = 0,2 \cdot \mu \cdot E \cdot A_{s0}, \quad (1.5.11),$$

где  $\mu$  – линейный коэффициент ослабления излучения воздухом, определяемый по ниже приведенной таблице, 1/см;  $E$  – энергия излучения (табл. 1.5.4), МэВ;  $A_{s0}$  – уровень первоначального загрязнения после аварии на ЧАЭС, Ки/км<sup>2</sup>.

Таблица 1.5.4.

#### Зависимость линейного коэффициента ослабления $\gamma$ - и $\beta$ -излучения воздухом от энергии излучения

Характеристики излучений	Виды излучения				
	$\beta$ -излучение				$\gamma$ -излучение
Энергия $E$ , МэВ	0,51	0,52	0,55	2,27	0,66
$\mu$ , 1/см $10^{-4}$	1,102	1,098	1,082	0,540	1,013

Поглощенная доза внешнего облучения рассчитывается по формуле:

$$D_{вн} = (T \cdot P_0 / K_{сз} \cdot 0,693) \cdot (2^{-t_n/T} - 2^{-t_k/T}), \quad (1.5.12)$$

где  $t_n$  – время начала проживания на загрязненной территории с момента аварии на ЧАЭС, год;  $t_k$  – время окончания проживания, год.  $P_0$  – мощность поглощенной дозы, рад/год;  $T$  – период полураспада;  $K_{сз}$  – коэффициент средней защищенности, который рассчитывается по формуле:

$$K_{сз} = T_{реж} / (t_c / K_c + t_p / K_p + t_d / K_d + t_m), \quad (1.5.13)$$

где  $T_{реж}$  – длительность наблюдения режима, ч;  $t_c$ ,  $t_p$ ,  $t_d$ ,  $t_{тр}$ ,  $t_m$  – продолжительности пребывания людей, соответственно, в защитных сооружениях, производственных зданиях, жилых домах, транспорте и на открытой местности, ч.;  $K_c$ ,  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_{тр}$  – коэффициенты ослабления, соответственно, защитных

сооружений, производственных зданий, жилых домов, транспортных средств, показывающие во сколько раз уровень радиации и доза излучения в них ниже, чем на открытой местности.

Поглощенную дозу внутреннего облучения  $D_{\text{внут}}$  в Гр/ч можно определить по формуле (1.5.14).

$$D_{\text{внут}} = 0,15 \cdot A_{\text{с0}}/5 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \quad (1.5.14).$$

При начальном уровне загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  185 кБк/м<sup>2</sup> и при проведении агротехнических мероприятий поглощенная доза внутреннего облучения в среднем составляет 0,15 сГр/год.

При других начальных уровнях загрязнения доза пропорциональна  $A_{\text{с0}}/5$ .

Суммарную дозу облучения определяют по формуле:

$$D_{\Sigma} = D_{\text{вн}} + D_{\text{внут}} \quad (1.5.15).$$

Сравниваем значение  $D_{\Sigma}$  с максимально допустимой эффективной дозой по НРБ-2000 для населения  $E_{\text{доп}} = 1$  мЗв в год. Если расчетная доза не превышает эту величину, то считается, что НРБ-2000 соблюдаются и дополнительные меры защиты не принимаются. Если  $D_{\Sigma}$  превысит допустимую величину, то вносят коррективы в режим проживания людей на загрязненной территории, в частности, можно например, до минимума сократить время пребывания на открытой местности. технические или организационные меры по снижению уровня облучения населения (в отчете указать основные меры защиты).

### 1.5.3 Выводы по выполненной работе

«Расчет доз внешнего и внутреннего облучения»

Фамилия, инициалы студента \_\_\_\_\_ № учебной группы.

Вариант № \_\_\_\_\_

Таблица 1.5.5.

Номер задачи	Определяемые параметры	Результат	Оценка
1	Мощность дозы, Р/ч		
	Экспозиционная доза, Р		
	Поглощенная доза в воздухе, рад		
	Поглощенная (эквивалентная) доза в биологической ткани, рад (бэр)		
	Результаты сравнения с $H_{\text{доп}}$ для профессионалов		
	Предложения по радиационной защите		
2	Мощность экспозиционной дозы в начале облучения, мкР/ч		
	Мощность экспозиционной дозы чрез $t$ , мкР/ч		
	Экспозиционная доза за $t$ лет, Р		
	Эквивалентная доза за $t$ лет, мЗв		
	Степень лучевой болезни		
3	Годовая мощность эквивалентной дозы		

	внутреннего облучения		
	Годовая эквивалентная доза внутренне-го облучения		
	Суммарная эквивалентная доза внешне-го и внутреннего облучения		
	Результаты сравнения с $N_{\text{доп}}$ для насе-ления. Предложения по радиационной защите		
4	Мощность поглощенной дозы		
	Поглощенная доза внешнего облучения		
	Поглощенная доза внутреннего облуче-ния		
	Суммарная поглощенная доза внутрен-него и внешнего облучения		
	Предложения по радиационной защите		

## 1.6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС<sup>15</sup> (2 часа)

**Цель работы** – ознакомиться с работой на  $\beta$ -радиометре РУБ-01П (для измерения можно использовать и  $\gamma$ -радиометр РКГ-АТ-1320) для определения удельной активности радионуклидов в пробах почвы, пересчитать ее в поверхностную активность; оценить полученные данные, по карте загрязнения территории радионуклидами Беларуси после катастрофы на ЧАЭС.

**1.6.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь таблицы и заполнить их во время работы с прибором, рассчитать полученные данные и сделать вывод о результатах выполненных измерений. 3) Использовать для радиологического анализа проб почвы радиометр РКГ-01 «АЛИОТ», который позволяет определять содержание цезия-137 (ранее и цезия-134) с учетом в измеряемой пробе радионуклида калия-40 и сведения к минимуму его влияния на точность измерения.

**1.6.2 Устройство и технические данные радиометра РКГ-01 «АЛИОТ».** Радиометр предназначен для массового контроля  $\gamma$ -излучения в различных пробах.

**1.6.2.1 Технические данные радиометра.** Диапазон регистрируемого фотонного ионизирующего излучения 0,5–3 МэВ с использованием блока детектирования на базе сцинтилляционного кристалла размером 40×40 мм. Диапазон измерения удельной активности (Бк/кг) составляет 18,5–37000. Основная относительная погрешность в этом диапазоне измерений – не более 35%.

<sup>15</sup>Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С 60–74.

В радиометре предусмотрены: 1) подача звукового сигнала при времени измерения 300 с; 2) автоматическое прекращение измерения при достижении статистической погрешности 15% с выдачей звукового сигнала.

**1.6.2.2 Устройство радиометра.** Радиометр состоит из электронного блока, блока детектирования, помещенного в защитное устройство и соединенного с электронным блоком кабелем.

В основе работы блока детектирования лежит принцип преобразования энергетических потерь  $\gamma$ -квантов в чувствительном объеме сцинтилляционного детектора в электрические импульсы. Радиометр – двухканальный. Один канал (определение цезия) настроен на энергию в диапазоне 0,15–0,9 МэВ, второй (определение калия) – на энергию в диапазоне 0,9–1,6 МэВ.

Высокие требования к радиометру предъявляются необходимостью выдачи стабильных показаний за время непрерывной работы и значительным временем измерения на верхнем пределе диапазона измерений (порядка 2000 с) и обеспечиваются системой обратной связи по физическому реперу.

**1.6.2.3 Назначение индикаторов и переключателей электронного блока.** На передней панели находятся: 1) цифровой 12-ти разрядный индикатор; 2) кнопка «пуск» – разрешение начала измерений; 3) кнопка «стоп» для прекращения текущего измерения; 4) кнопка «объем» для ввода в радиометр сведений о геометрии измеряемой пробы; 5) кнопка «един. изм.» для ввода в радиометр требования оператора о единицах измерения, в которых необходимо выдать информацию об удельной активности исследуемой пробы; 6) 0...9 – наборное поле для ввода десятичных цифр; 7) кнопка **В** – ввод данных о весе пробы в радиометр; 8) кнопка **Ф** – клавиша, обеспечивающая вывод на индикацию активности пробы в калиевом канале; 9) контрольный индикатор «режим».

На задней панели имеются разъем для подключения сетевого кабеля (220 в, 50 Гц), сетевой предохранитель (1 А), кнопка «общ. сброс» и тумблер «вкл.», который должен быть включен. Кнопка «общ. сброс» позволяет вывести контролер электронного блока из состояния «зависания» и может быть использована для повторного измерения фона. Тумблер «сеть» – включение и выключение радиометра.

### 1.6.3 Подготовка к работе и порядок работы

**1.6.3.1 Включение прибора:** 1) Включить радиометр тумблером «сеть» на задней панели прибора. 2) Выдержите радиометр во включенном состоянии 10 мин. Обратите внимание на контрольный индикатор «РЕЖИМ», он должен мигать.

**1.6.3.2 Выбор типа кюветы:** Используют сосуд Маринелли, который заполняется до метки, соответствующей 1 л. Если объем пробы ограничен, то в мерный сосуд (0,5 л) помещают исследуемую пробу, а затем ее пересыпают в сосуд Маринелли.

**1.6.3.3 Измерение фона  $\gamma$ -излучения:** 1) Измеряют после установления рабочего режима радиометра. При измерении активностей проб с малой активностью – кювету оставить пустой. 2) Кювету поместить в защитный «домик».

Нажать кнопку **«пуск»**. 3) По окончании измерения фона раздается звуковой сигнал и на табло появляются значения величин фона в цезиевом и калиевом окнах и статистическая погрешность определения скорости счета фона.

Измерение фона заканчивается либо по достижении заданной точности, либо при нажатии клавиши **«стоп»**. Эти значения запоминают и учитывают при последующих измерениях с данным типом кюветы.

**ВНИМАНИЕ!** Измерение фона следует повторить, если:

- прибор перенесен в другое место;
- перерыв в работе составил несколько часов;
- имеются сомнения в результате измерения;
- меняется тип кюветы;
- произошло загрязнение защитной пленки или рабочего места

Для повторного измерения фона необходимо нажать кнопку **«общ. сброс»** на задней панели прибора.

#### 1.6.3.4 *Определение удельной активности пробы:*

– Ввести вес пробы (в граммах) с помощью цифровых клавиш и клавиши **«В»**.

– С помощью клавиши **«объем»** ввести геометрию измерения (1.0 л, 0.5 л или 0.1 л).

– Поместить кювету с исследуемым образцом в защитный «домик». В случае ошибочного ввода можно повторить набор веса пробы после нажатия клавиши **«В»**.

– Начать измерение удельной активности можно путем нажатия клавиши **«пуск»**, а на индикаторе слева появляются изменяющиеся значения активности радионуклидов цезия в пробе в единицах Бк/кг, а справа – абсолютное значение статической погрешности в той же единице измерения.

– Измерения заканчиваются либо автоматически при достижении заданной погрешности, либо после нажатия кнопки **«стоп»**. При этом предусмотрена выдача звукового сигнала. Для получения результата удельной активности радионуклида нажать и удерживать клавишу **«Ф»**.

– После прекращения измерения пробы можно считать показания с цифрового индикатора, нажав клавишу **«един. изм.»**, получить результат измерения в Бк/кг и значение статистической погрешности в %.

– Если дальнейшие пробы измеряются в той же геометрии, то необходимо установить в защиту сосуд Маринелли с новой пробой, ввести вес пробы и нажать клавишу **«пуск»**.

– Для выключения радиометра тумблер **«сеть»** перевести в положение **«ВЫКЛ.»**.

– Полученные результаты записать в табл. 1.6.1 результатов измерения.

#### 1.6.3.5 *Обработка результатов измерения*

Удельную эффективную активность  $A_{\text{эфф}}$  природных радионуклидов в почве, рассчитывают по формуле:



$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}226} + 1,31 A_{\text{Th} 232} + 0,085 A_{\text{K}40} + 0,22 A_{\text{Cs}137}, \quad (1.6.1).$$

где  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  – удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого ряда,  $A_{\text{K}40}$  – удельная активность  $^{40}\text{K}$  (Бк/кг),  $A_{\text{Cs}137}$  – удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ .

Таблица 1.6.1.

### Результаты проведенных измерений

Наименование пробы почвы	Измеренная удельная активность $^{137}\text{Cs}$ ,	Измеренная удельная активность $^{40}\text{K}$ , Бк/кг
Фон		
Проба № 1		
Проба № 2		

Используя данные табл. 1.6.2 и результаты измерений для радионуклидов по  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , рассчитать по формуле удельную эффективную активность  $A_{\text{эфф}}$  исследуемых образцов почвы.

Таблица 1.6.2.

### Результаты исследования естественных радионуклидов в почве (Бк/кг)

Вид материала	Радий-226	Торий-232
Почва	25	28,0

Все расчеты проводить с точностью до второго знака после запятой. Сравнивая рассчитанные значения удельной эффективной активности ( $A_{\text{эфф}}$ ) с картой загрязнения территории Беларуси  $^{137}\text{Cs}$ . Для этого значения удельной эффективной активности пересчитывают в поверхностную активность, выраженную в Ки/км<sup>2</sup> по формуле:

$$A_S = \frac{A_{\text{эфф}}}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 10^6 \text{ (Ки/км}^2\text{)}. \quad (1.6.2).$$

В том случае, если  $A_S \geq 1 \text{ Ки/км}^2$ , то пробы были взяты с загрязненной территории, если  $A_S < 1 \text{ Ки/км}^2$  – пробы взяты с чистой территории.

## 1.6.4 Выводы по выполненной работе

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 1

1. Дайте определение явлению радиоактивности.
2. Какие известны радиоактивные превращения ядер?
3. Какова природа возникновения  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучений?
4. Рассказать о строении атома и атомного ядра.
5. Что такое радиоактивность и какая история ее открытия?
6. Какие известны виды  $\beta$ -превращений?
7. Что Вы знаете о  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучениях?
8. Как формулируется основной закон радиоактивного распада радионуклида?
9. Что такое активность и какие у нее единицы её измерения?
10. Как рассчитать активности:  $A$ ,  $A_S$ ,  $A_m$ ,  $A_v$ ?
11. Какие существуют радиоактивные ряды?
12. Какие имеются виды ионизирующих излучений? Дать их характеристику.

13. Как взаимодействуют ионизирующие излучения с веществом?
14. Что вы знаете о базовых, нормируемых и рабочих величинах в радиационной безопасности?
15. Какие используются дозиметрические величины и единицы их измерения?
16. Экспозиционная доза. Мощность экспозиционной дозы.
17. Поглощенная доза. Мощность поглощенной дозы.
18. Эквивалентная и эффективная дозы.
19. Как регистрируются излучения, и какие детекторы используют для их регистрации, их характеристики?
20. Дайте определение радиометрии и дозиметрии.
21. Какие имеются методы и приборы для обнаружения и измерения характеристик ионизирующих излучений?
22. Как классифицируют источники ионизирующего излучения?
23. Как образуются космические лучи и естественный радиационный фон, как они воздействуют на биосферу?
24. Какие используются антропогенные источники ионизирующего излучения?
25. Какие источники ионизирующих излучений применяют в медицине и промышленности?
26. Что вы знаете о ядерном оружии и атомной энергетике, как источниках радиационной опасности?
27. Какие принципы лежат в основе работы основных типов ядерных реакторов?
28. Какие особенности обеспечения радиационной безопасности населения при эксплуатации АЭС?
29. Какие существуют бытовые дозиметры, особенности их применения?

## 2 ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ (лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 2 часа).

### 2.1 ЛЕКЦИЯ: БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ (2 часа)

**План лекции:** *Воздействие ионизирующих излучений на молекулы ДНК, белка, воды, липидов, углеводов, на клетки, их реакция на облучение. Последствия облучения. Реакция органов и систем человека на облучение. Радиочувствительность органов и систем при внешнем и внутреннем облучении. Радиационные синдромы. Детерминированные и стохастические эффекты. Острая и хроническая лучевая болезнь. Радиационный риск и синергизм.*

*Воздействие ионизирующей радиации на атомном и молекулярном уровнях живой ткани начинается с: 1) образования заряженных частиц, 2) электрического взаимодействия, 3) физико-химических изменений, 4) химических изменений и завершается 5) проявлением радиобиологических эффектов. ИИ оказывает как прямое действие на молекулы ДНК, белка, воды, липидов, углеводов и клетки организма, когда энергия излучения поглощается непосредственно облучаемым веществом и вызывает ионизацию или возбуждение его молекул, так и не прямое действие, характеризующееся образованием химически высокоактивных агентов, способных передавать энергию ионизирующих излучений молекулам биологического субстрата. ИИ вызывают дисперсное повреждение – изменения клеточных мембран и других множественных структур, инактивацию жизненно важной системы и др.*

Под действием ионизирующего излучения вода, являющаяся составной частью организма человека, расщепляется и образуются ионы с разными зарядами. Образующиеся свободные радикалы вызывают разрушения целостности цепочек макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и др.), что приводит как к массовой гибели клеток, так и канцерогенезу и мутагенезу. Наибольшему воздействию ИИ подвергаются активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки.

Наступают однонитчатые (одиночные) и двунитчатые (двойные) разрывы в молекуле ДНК, нарушения связи ДНК с белком, повреждения структуры ДНК мембранного комплекса, разрушение ядерной мембраны и повреждения митохондриальной мембраны. Происходит остановка деления и гибель клеток и трансформация их в злокачественные клетки.

Основной радиобиологический закон – *радиопоражаемость клеток ткани пропорциональна их митотической активности и обратно пропорциональна степени дифференцированности клеток.*

Реакция органов и систем человека на облучение характеризуется поражением центральной нервной системы, костного мозга, желудочно-кишечного тракта. Возникает вероятность гибели человека, обусловленная злокачественным ростом. Наступают смерть или сокращение продолжительности жизни, вызванное радиацией. У отдельных индивидуумов происходят изме-

нения генетической характеристики под влиянием генных и хромосомных мутаций.

Эти изменения развиваются под воздействием внешнего и внутреннего облучения человека. *Внешнее облучение* – ИИИ находится снаружи. Внешняя поглощённая доза составляет почти 33% общей дозы облучения и создаётся потоком частиц или квантов от земли и зданий (главным образом калием-40), космическим излучением и антропогенными источниками. При внешнем облучении 14 % дозы создают  $\gamma$ -лучи Земли и зданий, 12% – пищей и напитками, 10% – космическими лучами. Жители Беларуси получают также дополнительное облучение за счёт чернобыльских радионуклидов. 90% её создаётся цезием-137, 9% – стронцием-90 и 1% – изотопами плутония. После ядерного взрыва проникающая радиация создаётся потоком  $\gamma$ -лучей и нейтронов, испускаемых примерно в течение 10–25 секунд с момента ядерного взрыва.

Если же радиоактивные вещества, находящиеся в воздухе, пище и воде, поступают внутрь организма – они создают *внутреннее облучение* за счёт  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -облучения. Имеются три возможных пути поступления радиоактивных веществ в организм человека: 1) через легкие при дыхании, 2) через желудочно-кишечный тракт вместе с пищей, 3) через здоровую кожу или повреждения и разрезы на ней.

Источники внутреннего облучения можно условно разделить на источники *чернобыльского происхождения* (в настоящее время большая их часть цезия-137, стронция-90 и плутония-239, 240 содержится в продуктах питания) и *естественного происхождения*. Последние создают почти 67% суммарной дозы облучения.

Длительность воздействия радионуклидов определяется периодом полураспада источника, попавшего в организм, и временем, в течение которого он выводится из организма.

Воздействие ИИ на человека характеризуется следующими особенностями: 1. ИИ способно глубоко проникать в облучаемую ткань и оказывать суммарное кумулятивное действие. 2. Поражающий эффект возникает при малых количествах поглощенной энергии ИИ. 3. ИИ способно вызвать отдаленные последствия: а) злокачественные опухоли, б) сокращение длительности жизни, в) снижение иммунитета.

*Радиочувствительность* – это чувствительность организма, его органов, тканей и клеток к воздействию ИИ, сравнительная радиопоражаемость органов и тканей. К *биологическим факторам, влияющим на радиочувствительность*, относят: 1) пол человека (мужчины более радиочувствительные, чем женщины), 2) возраст облучаемого человека (наиболее радиочувствительные молодые и старые люди), 3) общее состояние организма и активность его иммунной системы<sup>16)</sup>, 4) биологические особенности клеток тканей и органов, величину объема облучаемого ткани,

---

<sup>16)</sup> Иммунная система – набор средств организма, осуществляющих его защиту от чужеродного биологического материала, в частности от опухолевых клеток и инфекционных возбудителей.

5) состояние гомеостаза<sup>17)</sup> в организме и степень кровоснабжения органа, 6) генетическую радиочувствительность клеток, 7) характер дополнительного, помимо радиационного, воздействия на организм (ультрафиолетовое излучение и курение повышают чувствительность к облучению).

Самыми радиочувствительными являются характеризуются стволовые клетки<sup>18)</sup> костного мозга (лимфоидные органы, красный костный мозг), клетки зародышевого эпителия тонкого и толстого кишечника, семенных канальцев, желудка, легких, гонады, среднюю степень радиочувствительности имеют кожа, эндокринные железы, радиорезистентными (не чувствительными) являются печень, почки, головной мозг).

Радиочувствительность всего организма приравнивают к радиочувствительности кроветворных клеток. Но она не одинаковая для всей человеческой популяции: 14–20% людей радиорезистентны, 10–20% – обладают повышенной радиочувствительностью и 7–10% – сверх радиочувствительны. Радиочувствительность у взрослых и детей различается многократно.

В зависимости от воздействия радиации на критический орган выделяют 3 *основных радиационных синдрома*: 1) Костно-мозговой – развивается при облучении в диапазоне доз 1–10 Гр, средняя продолжительность жизни – не более 40 суток, на первый план выступают нарушения гемопоэза. 2) Желудочно-кишечный – развивается при облучении в диапазоне доз 10–80 Гр, средняя продолжительность жизни около 8 суток, ведущим является поражение тонкого кишечника. 3) Церебральный – развивается при облучении в дозах более 80–100 Гр, продолжительность жизни менее 2 суток, развиваются необратимые изменения в ЦНС.

Радиобиологические эффекты делятся на детерминированные (острая и хроническая лучевая болезнь и др.), стохастические (опухоли, лейкемия, генетические расстройства и др.) и тератогенные.

*Детерминированные эффекты излучения* – вредные эффекты, у которых существует порог, ниже которого они отсутствуют, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы облучения.

Пороговая доза облучения для большинства клеток достаточно большая (не менее 0,1 Зв). Для различных радиочувствительных органов и тканей пороговая доза облучения неодинаковая. Они бывают 1) ближайшие – первичная реакция и поражение организма наступают в течение нескольких недель после острого облучения<sup>19)</sup> (острая и хроническая лучевая болезнь, местные лучевые поражения и др.) и 2) отдаленные – проявляются через годы после облучения. Включают 21 заболевание, в том числе *нарушения склеротических процессов, лучевую катаракту, изменения в половой системе, времен-*

<sup>17)</sup> Гомеостаз – (греч. гомеос – одинаковый, подобный и стаз – состояние, неподвижность) – способность систем организма человека сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

<sup>18)</sup> Стволовые клетки - клетки, входящие в состав постоянно обновляющихся тканей человека и способные асимметрично делиться, из-за чего при делении образуется клетка, подобная материнской (самовоспроизведение), а также новая клетка, которая способна дифференцироваться.

<sup>19)</sup> Острое облучение – облучение, длительность которого не превышает нескольких часов, но, чаще всего, составляет минуты.

ную или постоянную стерилизацию, иммунодепрессию и иммунодефицит, сокращение средней и ожидаемой продолжительности жизни и др.

**Острая лучевая болезнь (ОЛБ)** – одномоментная радиационная травма всех органов и систем организма, развивающаяся после острого облучения различными видами ИИ в дозах, превышающих «пороговую» дозу облучения, равную 1 Гр. Является общим заболеванием со специфическими симптомами. *Основными клиническими синдромами*<sup>20)</sup> ОЛБ являются: 1) костномозговой (кровотворный), 2) желудочно-кишечный, 3) токсемический и 4) церебральный. Костномозговая форма ОЛБ развивается после облучения в дозе 1–10 Гр, кишечная – 10–20 Гр, токсемическая – 20–80 Гр и церебральная – более 80 Гр. Костномозговую форму болезни делят на *четыре степени тяжести*: 1) лёгкую степень – возникает после облучения в дозе 1–2 Гр (табл. 2.1.1);

Таблица 2.1.1.

**Характеристика основных форм лучевой болезни (ЛБ)**

Степень острой ЛБ	Доза облучения, Гр	Характеристика болезни
Легкая	1–2	Слабость, головная боль, тошнота. Скрытый период до месяца, затем головокружение, рвота. Восстановление крови через 4 месяца
Средняя	2–4	Через 2-3 часа признаки легкой ЛБ. Затем расстройство желудка, депрессия, нарушения сна, повышение температуры тела, кожные кровоизлияния, кровотечение из десен. Восстановление крови через 6 месяцев. Возможны смертельные случаи
Тяжелая	4–6	Через час неукротимая рвота. Все признаки ЛБ проявляются резко: озноб, отказ от пищи. Смерть в течение месяца до 60% облученных
Крайне тяжелая	> 6	Через 15 мин неукротимая рвота с кровью, потеря сознания, понос, непроходимость кишечника. Смерть наступает в течение 10 суток

2) среднюю степень – после облучения в дозе 2–4 Гр; 3) тяжёлую степень – после облучения в дозе 4–6 Гр и 4) крайне тяжёлую степень – после облучения в дозе 6 и более Гр.

Течение острой лучевой болезни характеризуют 4 *периода (этапа) развития болезни*: 1) общая первичная реакция, 2) скрытый (латентный) период, 3) период разгара болезни и 4) период восстановления или смерти.

**Хроническая лучевая болезнь** представляет собой заболевание, вызванное повторными или продолжительным облучением организма в малых дозах, либо является результатом перенесённой острой лучевой болезни. Характе-

<sup>20)</sup> Синдром (греч. σύνδρομον, σύνδρομο – наравне, в согласии) – совокупность симптомов заболевания с общим течением.

ризуется длительным и волнообразным течением болезни. Имеет три степени тяжести: легкая, средняя и тяжелая.

*Стохастическими* (вероятностными) называют вредные эффекты, не имеющие дозового порога. Для них вероятность возникновения рассматривают как функцию дозы<sup>21)</sup>, а тяжесть проявления не зависит от дозы облучения. Возникают *при облучении малыми дозами* и проявляются при любой дозе, отличной от нуля. Вероятность возникновения стохастических беспороговых эффектов пропорциональна дозе облучения. При увеличении дозы облучения повышается ожидаемое число случаев лейкозов, опухолей и генетических<sup>22)</sup> последствий облучения, а не их тяжесть. Латентный (скрытый) период возникновения этих эффектов у облученного человека составляет от 2–5 до 30–50 и более лет.

*Тератогенное действие радиации* – возникновение пороков развития и уродств плода вследствие облучения его в утробе матери. Тератогенные эффекты в виде различных пороков развития, задержки умственного развития и уродств возникают даже после незначительных доз облучения ( $> 0,1$  Гр) в первых 38 дней эмбрионального периода. Они являются разновидностью соматических эффектов, т.к. возникают у ребенка в результате непосредственного облучения его на стадии эмбриона или плода.

*Радиопротекторы* [радио + лат. protector – страж, защитник] – химические вещества, используемые для повышения устойчивости (радиорезистентности) организма к облучению. Большинство радиопротекторов принимают за 5–30 мин до облучения. *Средства ранней терапии* эффективны при введении непосредственно или в ближайшее время после облучения. Радиозащитное действие препаратов реализуется благодаря их взаимодействию с рецепторами радиочувствительных клеток.

Диапазон *устойчивости к радиации в живой природе* необычайно широк. Наиболее устойчивы к действию ионизирующих излучений микроорганизмы (бактерии, простейшие, дрожжи и др.). По мере усложнения биологической организации объектов их устойчивость к радиации снижается. Наиболее радиочувствительными являются млекопитающие. Хладнокровные животные более радиорезистентны, чем теплокровные организмы. По степени возрастания чувствительности к ионизирующим излучениям живые организмы располагаются в следующем порядке: вирусы → амеба → черви → кролик → крыса → мышь → обезьяна → собака → человек. Человек по уровню радиочувствительности занимает примерно срединное положение среди млекопитающих. Растения выносливее, чем животные, однако их радиочувствительность тоже колеблется в больших пределах в зависимости от вида.

*Радиационный риск* – вероятность того, что у человека в результате облучения возникает какой-либо конкретный вредный эффект от ионизирующего излучения (заболевание, нарушения трудоспособности, преждевременная

---

<sup>21)</sup> Публикация МКРЗ 26.

<sup>22)</sup> Гены – единицы наследственной информации, находящиеся в определенных местах хромосом. Содержат конкретные наследственные признаки, передающиеся следующему поколению.

смерть). В качестве основного критерия принят индивидуальный радиационный риск. Для расчётов радиационного риска используют усреднённые коэффициенты пожизненного риска смерти от рака (повышенная вероятность смерти от рака облученного организма), отнесённые к дозе излучения. Степень риска зависит от вида и способа излучения, дозы и мощности дозы, радиочувствительности облучённых органов. На показатели риска влияют пол, возраст в момент облучения и др. факторы. В публикации МКРЗ 60 (1991) указано, что «К ионизирующему излучению надо относиться с уважением, а не с опасением, а риски, с которыми оно связано следует соотносить с другими рисками». В качестве примера приведем причины возникновения рака у жителей Швеции.

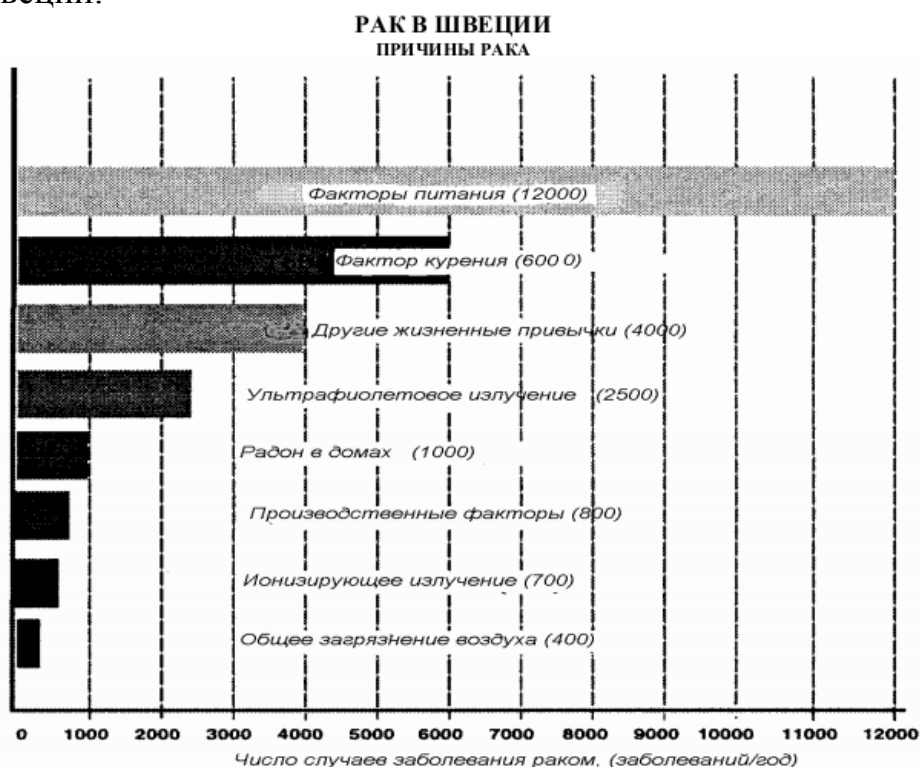


Рис. 2.1.1. Причины возникновения рака у жителей Швеции

Из рис. 2.1.1 видно, что среди причин возникновения рака, ионизирующее излучение занимает предпоследнее место. Вероятность заболеть раком составляет почти 40%. Из них приблизительно половина больных в наше время может быть излечена.

Принимают, что стохастические эффекты, приводящие к сокращению ожидаемой продолжительности полноценной жизни, проявляются у 7,3 человека (для персонала, работающего с ионизирующим излучением – у 5) на 100 облучённых людей при коллективной дозе 1 Зв. Чтобы определить уровень пожизненного коллективного или индивидуального риска, эти коэффициенты умножают на эффективную дозу, коллективную или индивидуальную. По величине пожизненного риска, обусловленного воздействием излучения в течение 1 года, можно оценить уровень радиационной безопасности персонала и населения. Риском можно пренебречь, если он меньше 0.0000001.



Оценка уровней радиационного риска необходима для выработки необходимых мер предотвращения ущерба, защиты населения и ликвидации последствий возможных аварий. Для оценки радиационных эффектов используют модели абсолютного (МАР) и относительного (МОР) риска. Различия между этими моделями заключаются в не одинаковой оценке влияния существующего радиационного фона на дополнительный радиационный риск. В первом случае (МАР) дополнительный радиационный риск не зависит от существующего радиационного фона и является аддитивным, во втором (МОР) – увеличивает существующий риск мультипликативно.

Зависимость ущерба от риска радиационного воздействия описана в Публикации 27 МКРЗ. В Публикации 45 МКРЗ она дополнена оценкой МОР. Величина радиационного риска, рассчитанная на базе двух моделей, различается примерно в три раза. Во столько же раз отличаются и оценки показателей ущерба.

*Синергизм в действии радиации.* Эффект радиации может многократно усиливаться при ее воздействии одновременно с другими факторами среды - химическими (пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др.) и физическими (электромагнитные, температурные воздействия) загрязнениями. Оказалось, например, что малые количества пестицидов могут усиливать действие радиации. То же самое происходит при действии радиации в присутствии небольших количеств ртути. Недостаток селена в организме усиливает тяжесть радиационного поражения. У курильщиков, подвергающихся облучению в 15 мЗв/год, риск заболеть раком легких возрастает более чем в 16 раз по сравнению с некурящими. На фоне небольшого по величине хронического облучения разовое кратковременное дополнительное облучение дает эффект, много более значимый, чем при простом суммировании этих доз. Возможно, эффект такого взаимодействия радиации с другими факторами риска основан на сенсбилизации (повышении чувствительности) организма, испытавшего воздействие малых доз облучения к химическим мутагенам и канцерогенам.

## **2.2 ЛЕКЦИЯ: ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (2 часа)**

**План лекции:** *Международные нормы радиационной безопасности. Принципы радиационной безопасности. Нормирование для практической деятельности. Уровни вмешательства. Организация йодной профилактики и проведения защитных мероприятий при радиационных авариях. Закон Республики Беларусь и другие правовые документы по радиационной безопасности населения. Нормы радиационной безопасности (НРБ). Требования норм к ограничению облучения различных категорий населения. Санитарные нормы и правила (ОСП). Допустимые уровни облучения. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и в питьевой воде. Регулирующий контроль в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.*

*Радиационная безопасность* – комплекс научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих защиту человека и объектов окружающей среды от

вредного воздействия ионизирующих излучений (ИИ). Является элементом экологической безопасности и состоянием *защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ИИ*.

*Международные нормы радиационной безопасности разрабатываются МАГАТЭ<sup>23)</sup> ООН в виде предложений и МКРЗ<sup>24)</sup>, в виде публикаций (к настоящему времени их издано более 100). Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР ООН) обобщил научные сведения о радиации в восьми томах. Основной величиной, предлагаемой международными организациями для применения мер радиационной защиты, является величина предотвращенной дозы.*

Принципы радиационной безопасности. 1) *Принцип нормирования* – принцип ограничения индивидуальных доз облучения и риска. Эффективная и эквивалентная дозы облучения отдельных лиц от всех видов практической деятельности не должны превышать установленных пределов дозы. Ни один человек не должен подвергаться риску от облучения, считающегося неприемлемым для практической деятельности. 2) *Принцип обоснования* – принцип оправданности применения. Никакой вид использования источников ионизирующих излучений не должен вводиться в практику, если он не приносит реальной пользы. 3) *Принцип оптимизации радиационной безопасности.* Значения индивидуальных доз и число облученных лиц, а также возможность подвергнуться облучению должны поддерживаться на таких низких уровнях, какие только можно разумно достичь с учётом экономических и социальных факторов.

В условиях радиационной аварии принципы радиационной безопасности относят к защитным мероприятиям:

– *принцип обоснования* – в качестве критерия оценки использует предотвращенную данным защитным мероприятием дозу и проводят мероприятия, направленные на восстановление контроля над источниками излучения;

– *принцип оптимизации* – учитывает предотвращаемую дозу облучения и ущерб, связанный с вмешательством. Мероприятия по ликвидации последствий радиационной аварии должны *приносить больше пользы, чем вреда*. Величину пользы оценивают по предотвращенной данным мероприятием дозе облучения. Сводят к минимуму дозы облучения, количество облученных лиц, радиоактивное загрязнение окружающей среды, экономические и социальные потери, вызванные радиоактивным загрязнением.

Виды и масштаб деятельности по ликвидации последствий радиационной аварии реализуют таким образом, чтобы *польза от снижения дозы ионизирующего излучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной*.

В случае аварии уровни вмешательства должны *исключить серьезные детерминированные эффекты* путём реализации контрмер, ограничивающих индивидуальные дозы облучения до уровней ниже порогов возникновения

<sup>23)</sup> МАГАТЭ ООН – Международное агентство по атомной энергии при Организации объединённых наций.

<sup>24)</sup> МКРЗ – Международная комиссия по радиационной защите.

этих эффектов. *Риск же стохастических последствий должен быть ограничен* за счёт осуществления оправданных с социально-экономической точки зрения контрмер, позволяющих добиться положительного эффекта для здоровья пострадавших лиц. *Общее число стохастических эффектов должно быть ограничено* настолько, насколько это возможно за счёт уменьшения коллективной эффективной дозы.

Практическая деятельность – деятельность, увеличивающая общее облучение граждан. Основными принципами обеспечения радиационной безопасности при практической деятельности являются: 1) принцип нормирования, 2) принцип обоснования и 3) принцип оптимизации.

Принцип нормирования. Нормирование ИИ для практической деятельности: 1) ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ: 1) индивидуальная годовая эффективная доза – 2 сЗв/год, за 5 последующих лет – до 10 сЗв с допущением не превышать её за любой отдельный год выше 5 сЗв/год; 2) для хрусталика и кожи, а также ступней и кистей рук предел эквивалентной дозы составляет соответственно 15, 50 и 50 сЗв/год; 3) коэффициенты риска стохастических эффектов =  $5,6 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$ , из которой  $4 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  приходится на фатальный рак, а по  $0,8 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  – на не смертельный рак и тяжелые наследственные эффекты. 2) ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ: 1) 1 мЗв/год – для эффективной дозы, 2) 15 и 50 мЗв/год – для эквивалентной дозы на хрусталик глаза и на кожу. 3) Коэффициенты риска стохастических эффектов =  $7,3 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$ , из которой  $5 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  приходится на фатальный рак, а 1 и  $1,3 \times 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$  – на не смертельный рак и тяжелые наследственные эффекты.

Существуют *два уровня вмешательства:* 1) верхний предел дозы – обязательно следует предпринять меры, т.к. ущерб от облучения больше ущерба, наносимого самим вмешательством, и 2) нижний – ниже его проведение защитной меры нецелесообразно, т.к. ущерб, наносимый вмешательством, превосходит вред от предотвращаемого облучения. Между этими уровнями расположена зона ALARA<sup>25</sup> – зона, где радиозащитные мероприятия проводят до такого низкого уровня, насколько это позволяют экономические и социальные условия в стране. Уровни вмешательства зависят от предотвращаемой дозы.

Сразу же после аварии на АЭС *проводят йодную профилактику* – вводят в организм человека *лекарственные средства, содержащие стабильный йод* (например, йодистый калий) для насыщения им щитовидной железы и защиты ее от поступления радиоактивного  $^{131}\text{I}$ , (табл. 2.2.1<sup>26</sup>).

Эффективность приема йодистого калия зависит от времени начала проведения профилактики: проведение ее во время ингаляции  $^{131}\text{I}$  обеспечивает 90%-ную эффективность, через 2 часа она составляет уже 10%, через 6 часов

<sup>25</sup> As Low As Reasonably Achievable (ALARA), что означает «так низко, как разумно достижимо».

<sup>26</sup> Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 195 О внесении дополнений в гигиенические нормативы ГН 2.6.1.8-127-2000 Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000).

– 2%<sup>27)</sup>. Следовательно, проведение йодной профилактики следует начинать сразу же после аварии.

К другим защитным мероприятиям при радиационных авариях относят: 1) Создание дополнительных защитных барьеров, предотвращающих распространение радионуклидов. 2) Ограничение контакта населения с излучением. 3) Предупреждение облучения отдельных органов, тканей и всего тела человека. 4) Технологические меры по снижению содержания радиоактивных

Таблица 2.2.1.

### Лекарственные средства, содержащие стабильный йод

Название лекарственного средства	Категория населения	Доза	Кратность применения	Продолжительность применения
Калия йодид в таблетках (для внутреннего применения)	Взрослые и дети от 14 лет	таблетка по 0,125 г	Ежедневно	7 дней
	Дети от 3 до 14 лет	таблетка по 0,065 г	Ежедневно	7 дней
	Дети до 3 лет	таблетка по 0,065 г	Ежедневно	2 дня
	Беременные и кормящие грудью женщины	таблетка по 0,125 г	Ежедневно	2 дня
Настойка йода 5% (для внутреннего применения)	Взрослые и дети от 14 лет	По 44 капли* <sup>28)</sup>	1 раз в день	7 дней
		или по 22 капли*	1 раз в день	7 дней
	Дети от 5 до 14 лет	По 22 капли*	1 раз в день	7 дней
		или по 11 капель*	2 раза в день	
	Дети до 5 лет	Не назначается		
	Настойка йода 5% (наружно)	Взрослые и дети от 14 лет	По 44 капли** <sup>29)</sup>	1 раз в день
или по 22 капли**			2 раза в день	
Дети от 5 до 14 лет		По 22 капли**	1 раз в день	7 дней
		или по 11 капель**	2 раза в день	
Дети от 2 до 5 лет		22 капли**	1 раз в день	7 дней
Дети до 2 лет	11 капель**	1 раз в день	7 дней	

веществ в сырье и готовой продукции сельского и лесного хозяйства. 5) Сбор и изоляция радиоактивных материалов (деактивация территории, зданий и установок, захоронение отходов, в том числе и образующихся при ведении сельского и лесного хозяйства).

<sup>27)</sup> Катастрофы конца XX века. Материалы Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России. / Под общей редакцией Владимиров В.А. - М.: УРСС, 1998, с. 31.

<sup>28)</sup> \*На 0,5 (100 мл) стакана молока или воды.

<sup>29)</sup> \*\*Настойка йода наливается на ладонь, далее наносится на предплечье или голень.

Выбор меры радиационной защиты зависит от: 1) *фазы развития аварии* и основных *путей радиационного воздействия* в каждой фазе; 2) *характера выброса радионуклидов, их состава, количественной оценки выброса, физико-химической формы* радиоактивных веществ и *длительности выброса*; 3) *радиационно-гигиенических (дозиметрических) критериев вмешательства*.

Так, на начальном этапе аварии на АЭС или взрыва ядерного боеприпаса (несколько часов от начала выброса) используют укрытия и простейшую защиту органов дыхания, применяют стабильный йод, эвакуацию, контроль доступа в район загрязнения. В промежуточный этап (от нескольких первых часов до нескольких суток после наступления аварии) применяют переселение, санобработку людей, контроль пищевых продуктов и воды, используют заготовленные на чистых территориях корма для животных, медицинскую помощь. В восстановительный этап (принимается решение о возвращении к нормальным условиям жизни, может растянуться на несколько десятков лет) – контроль доступа в район загрязнения, переселение, контроль воды и пищевых продуктов, кормов для животных, дезактивацию территории.

В Беларуси *нормативными правовыми актами*, имеющими высшую юридическую силу и отражающими радиационную безопасность, являются конституция, декреты Президента и законы Республики Беларусь. Например, Закон Республики Беларусь «*О радиационной безопасности населения*» принят Палатой представителей 16 декабря 1997 г. и одобрен Советом Республики 20 декабря 1997 г. (редакция от 5 января 1998 г. № 122-3). Определяет основы правового регулирования в области обеспечения радиационной безопасности населения. Предусматривает создание условий, обеспечивающих охрану жизни и здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения. В Законе определяются функции государства в области обеспечения радиационной безопасности. Устанавливаются гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Республики Беларусь в результате воздействия источников ионизирующего излучения. Представлены общие требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками ионизирующего излучения, воздействию радона и  $\gamma$ -излучения природных радионуклидов, при потреблении пищевых продуктов и питьевой воды, в условиях медицинского облучения и др. Определены меры по обеспечению радиационной безопасности при радиационной аварии, права и обязанности граждан и общественных объединений в области обеспечения радиационной безопасности и ответственность за невыполнение требований по обеспечению радиационной безопасности. Основными законами в области радиационной безопасности являются также Законы Республики Беларусь: «*О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС*». (принят 12 ноября 1991 г., редакции 12 мая 1999 г. и 24 июля 2002 г.), «*О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий*» (от 6 января 2009 г.), «*О ратификации Международной конвенции о борьбе с актами ядерного терроризма*» (принят

20 октября 2006 г.), «Об использовании атомной энергии» (от 30 июля 2008 г.).

В Беларуси введены «Нормы радиационной безопасности, НРБ-2000» – система дозовых пределов и принципы их применения (табл. 2.2.2).

НРБ-2000 с дополнениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 195, обеспечивают безопасность человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного и природного происхождения.

Являются основным документом, регламентирующим уровни воздействия ионизирующих излучений на человека. Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия определяют так, чтобы при воздействии только облучения в течение года величина дозы равнялась величине соответствующего годового предела (усредненного за пять лет).

Таблица 2.2.2.

### Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины <sup>30)</sup>	Пределы доз	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год. За трудовую деятельность (50 лет) - 1000 мЗв	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. За жизни (70 лет) - 70 мЗв.
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза <sup>31)</sup>	150 мЗв	15 мЗв
Коже <sup>32)</sup>	500 мЗв	50 мЗв
Кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Ограничение облучения населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения. Регламентацию разных видов облучения осуществляют отдельно с применением разных методологических подходов и технических способов. Принимают меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и числа лиц, подвергающихся облучению, в соответствии с принципом оптимизации. На основе этих норм разработаны основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений – ОСП-2002.

<sup>30)</sup> Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

<sup>31)</sup> Относится к дозе на глубине 300 мг/см<sup>2</sup>.

<sup>32)</sup> Относится к среднему по площади в 1 см<sup>2</sup> значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя – 40 мг/см<sup>2</sup>. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см<sup>2</sup> площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от β-частиц.

«*Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности, ОСП-2002*» (зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 14 марта 2002 г. № 8/7859) являются документом, регламентирующим требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения, на которые распространяется действие НРБ-2000. Правила содержат требования по обеспечению радиационной безопасности персонала учреждений и населения, а также по охране окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами; учету, хранению и перевозке источников ионизирующего излучения; сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких радиоактивных отходов. Правила являются обязательными для исполнения на территории Республики Беларусь всеми юридическими и физическими лицами, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей.

*Допустимые уровни облучения* регламентируются НРБ-2000. Это уровни воздействия ионизирующих излучений на человека, при которых исключено возникновение нестохастических (ближайших) последствий облучения организма, а риск отдаленных соматико-стохастических (злокачественных новообразований) и генетических последствий минимален. Они основаны на следующих основных принципах: 1) непревышении установленного дозового предела; 2) исключении всякого необоснованного облучения; 3) снижения дозы излучения до возможно низкого уровня. Установлены две категории облучаемых лиц: 1) персонал – лица, которые постоянно или временно непосредственно работают с ИИИ и 2) население Республики.

В реальных условиях различные органы или ткани человека облучаются неодинаково при попадании радиоактивных веществ внутрь организма, поскольку различные радионуклиды по-разному распределяются по органам и тканям человека. Учитывая эти обстоятельства, а также необходимость ограничить облучение различных органов и тканей человека введены *Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и в питьевой воде* (РДУ). Они ограничивают поступление радионуклидов с продуктами питания и регламентируют содержание радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах, включая импортные (см. табл. 1.4.4 выше).

Действие РДУ распространяется на всю территорию Республики Беларусь. Превышение регламентируемых уровней содержания радионуклидов в продуктах питания дает основание для уполномоченных на то органов запретить реализацию населению данных продуктов через торговую сеть в сеть общественного питания. Поставка продуктов питания за пределы Республики Беларусь осуществляется по нормативам страны-импортера.

Контроль за содержанием радионуклидов в продуктах питания осуществляется в соответствии с требованиями Положения о контроле радиоактивного загрязнения от Чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь, утвержденного приказом Министерства по чрезвычайным ситуациям от 06.02.1995 № 5 (зарегистрировано в Реестре государственной регистрации 28.02.1995 №

767/12), а также в соответствии с утвержденными министерствами и ведомствами положениями и программами радиационного контроля

*Регулирующий контроль в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности* начинается со стадии проектирования радиационно-опасных объектов. Он включает в себя оценку степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая непревышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также территорий и зданий с повышенным уровнем природного облучения. Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения, кроме исключенных из их действия.

Радиационный контроль окружающей среды в Беларуси проводит ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» (ГУ РЦРКМ) при Департаменте по гидрометеорологии. В последнем в 2005 г. создан информационно-аналитический центр радиационного мониторинга Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.

## 2.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ И КАЛИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ<sup>33</sup> (2 часа) (ограничение природного облучения)

**Цель работы.** Ознакомиться с загрязнённостью  $\gamma$ -излучающими изотопами цезия-137 и калия-40 строительных материалов; измерением их объемной активности в пробах строительного материала и пересчет ее в удельную активность; определением эффективной активности строительных материалов и допустимостью их использования.

**2.3.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить настоящие методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь таблицы и заполнить их полученными данными во время работы с прибором, рассчитать полученные данные и сделать вывод о результатах выполненных измерений.

#### 2.3.2 Назначение и техническая характеристика $\gamma$ -радиометра РУГ-91

**2.3.2.1  $\gamma$ -радиометр РУГ-91 «АДАНИ»** предназначен для измерения активности  $\gamma$ -испускающих антропогенных изотопов цезия-134, -137 (в настоящее время – цезия-137) и природного изотопа калия-40, содержащихся в объектах окружающей среды.

**2.3.2.2 Технические данные  $\gamma$ -радиометра.** В приборе применяют сцинтилляционный детектор. В качестве сцинтиллятора в нем используется кри-

---

<sup>33</sup>Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С. 93–101.



сталл NaJ (Te) размером 40×40 мм. Диапазоны измеряемой объемной активности:

Условия измерения	Цезий-137	Калий-40
Измерение 20 мин.	0,018-5,0	0,2-50,0
Измерение 2 мин.	0,06-50,0	0,5-50,0

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения объемной активности цезия-134, -137 представлены ниже.

В интервалах		
Измерение 20 мин.	Измерение 2 мин.	
0,018-0,03 кБк/л	0,06-0,1	50%
0,03-0,10 кБк/л	0,1-0,6	30%
0,10-1,0 кБк/л	0,6-10,0	10%
1,0-5 кБк/л	10,0-50,0	5%

Пределы допустимой основной погрешности измерения объемной активности радионуклида калий-40 при измерения в течение 20 мин (0,2–50,0 кБк/л) – 50%; 2 мин (0,5–50,0 кБк/л) – 50%. Пределы допустимой дополнительной погрешности при изменении температуры 1% на 1 °С, при изменении внешнего фона  $\gamma$ -излучения до 50 мкР/ч – 25%.

Время установления рабочего режима, не более 30 мин. Время непрерывной работы – не менее 24 ч. Объем пробы – 0,5 л.

### 2.3.3 Устройство $\gamma$ -радиометра РУГ-91

2.3.3.1 **Работа  $\gamma$ -радиометра основана** на подсчете числа световых импульсов, возникающих в сцинтилляционном детекторе при попадании на него  $\gamma$ -квантов. Число зарегистрированных в единицу времени световых импульсов связано с активностью исследуемого образца.

2.3.3.2 **Упрощенная функциональная схема радиометра.** Исследуемая проба размещается в сосуде Маринелли объемом 0,5 л. Кювету с пробой устанавливают внутрь свинцового защитного экрана, уменьшающего влияние внешнего фонового излучения. Сверху экран закрывается свинцовой защитной крышкой.

Световые вспышки, возникающие в сцинтилляторе, через световод попадают на фотокатод фотоэлектронного умножителя и преобразуются в электрические импульсы, которые после усиления поступают в устройство селекции. Устройство селекции производит сортировку импульсов по их амплитудам (пропорционально энергии регистрируемых  $\gamma$ -квантов). Такой прием позволяет определить вклад изотопов цезия и калия в суммарную активность пробы.

Устройство обработки управляет работой устройства селекции и вычисляет количественные характеристики ионизирующего излучения. Устройство индикации и управления задает режим работы  $\gamma$ -радиометра и индуцирует на табло результат измерения. Режим работы задается с помощью семи кнопок, расположенных на лицевой панели прибора.

**ВНИМАНИЕ!** В  $\gamma$  радиометре в качестве детектора используется кристалл, который требует бережного обращения. Избегайте механических ударов по прибору и резкого перепада температур!

2.3.3.3 **Назначение органов управления.** Кнопка «сеть» служит для включения и выключения  $\gamma$ -радиометра. Кнопками «фон» и «проба» производят включение режима «измерение» активности соответственно фона и исследуемого образца.

Кнопками «2 мин.» и «20 мин.» устанавливается время измерения, при этом 20-минутный режим используется для более точных измерений и рекомендуется для измерения малоактивных проб (менее 200 Бк/л).

Кнопки «калий-40» и «цезий-137» служат для вывода на табло информации об измеренной активности пробы соответственно для калия-40 и цезия-137.

Кнопка «сброс» служит для отмены ошибочной команды и приведения  $\gamma$ -радиометра в исходное состояние. Выполнение команды нажатием любой кнопки подтверждается звуковым сигналом, при этом над кнопкой загорается светодиод.

#### 2.3.4 Подготовка прибора к работе

Подсоединить сетевой шнур к сети 220 в и нажать кнопку «сеть». Звуковой сигнал и индикация «0» во всех разрядах цифрового табло означает готовность прибора к работе.

#### 2.3.5 Порядок работы на приборе

Свинцовый экран не исключает влияния фонового излучения. Даже при отсутствии исследуемого образца внутри экрана на выходе детектора будут регистрироваться фотонные импульсы. Процедура измерения состоит из двух этапов: измерения фона и измерения активности образца.

**Измерение радиационного фона.** Радиационный фон – это радиоактивное излучение, присутствующее на Земле от естественных и техногенных источников. Радиационный фон создается космическим излучением, излучением от находящихся в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов и излучением от техногенных радионуклидов. Поэтому его величина меняется во времени и различна для разной местности. Желательно определять значение фона перед каждой серией измерений.

Фон измеряется по двум каналам одновременно (для калия-40 и цезия-137). Его значения заносятся в память микропроцессора и в дальнейшем автоматически вычитаются из результатов измерения активности пробы. Окончание измерения подтверждается звуковым сигналом.

– *Измерить фон внутри свинцового защитного экрана.* Для этого нажать кнопку фон и кнопку «2 мин.».

– По окончании измерения фона *нажать кнопку «калий-40»* либо «цезий-137». На табло индуцируется значение фона для калия-40 и цезия-137 в единицах скорости счета (число зарегистрированных импульсов фона за заданное время измерения).

– Измеренные значения автоматически заносятся в память *γ*-радиометра и хранятся в ней до следующего измерения фона.

– Если фон уже измерялся и сетевой шнур *γ*-радиометра не отключался от питающей сети, то после включения кнопки «сеть» *на табло индуцируется его значение*. При этом над кнопкой «сброс» загорается светодиод.

– При повторном измерении величины фона, *нажать кнопку «фон» и кнопку «времени» еще раз*.

### 2.3.6 Измерение активности пробы

2.3.6.1 Для корректных измерений *объем пробы должен составлять 0,5 л*. Особой подготовки проб для проведения измерений не требуется.

**ВНИМАНИЕ!** При измерении твердых образцов их измельчают, чтобы заполнить требуемый объем. Время измерения активности пробы – 2 мин или 20 мин. 20 минутный режим используется для измерения малых активностей (0.018 ..... 0.2 кБк/л). Измерение стройматериалов проводят в режиме 2 минут.

2.3.6.2 Установить кювету с исследуемой пробой внутрь свинцового экрана. Закрыть крышку.

2.3.6.3 Нажать кнопку «проба».

2.3.6.4 Нажать кнопку времени «2 мин.».

2.3.6.5 Измерение активности идет одновременно по двум каналам: по калию-40 и цезию-137. Однако на табло высвечивается значение объемной активности того радионуклида (калия или цезия), кнопка которого нажата.

2.3.6.6 По окончании измерения *нажать* кнопку «калий-40 и «цезий-137» зафиксировать значения показаний радиометра и записать в таблицу результаты (табл. 2.3.1).

**ВНИМАНИЕ!** При превышении уровня активности исследуемой пробы предельной величины 50 кБк/л на табло выводится ориентировочное значение измеряемой активности на сигнал перегрузки «9999». В случае появления индикации «9999» провести повторное измерение при времени 2 мин. Если на табло снова выводится сигнал перегрузки, то активность пробы значительно превышает 50 кБк/л и необходимо принять меры по ее изоляции.

2.3.6.7 Измерения повторить 5 раз для каждой пробы. Исследовать, как минимум, две пробы. Определить среднее значение объемной активности пробы ( $A_v$ ).

2.3.6.8 Результат на табло сохраняется до начала следующего измерения.

### 2.3.7 Расчёты удельной активности

В результате проведенных замеров определяют объемную активность пробы. Необходимо рассчитать среднюю удельную активность пробы.

Удельная активность по цезию-137 и калию-40 рассчитывается по следующей формуле

$$A_{m\text{cp}} = A_{V\text{cp}}/m \text{ (кг)} \cdot V \text{ (л)} \cdot 10^3, \text{ Бк/кг} \text{ (2.3.1)}$$

### 2.3.8 Определение удельной эффективной активности строительных материалов

Удельная эффективная активность  $A_{m\text{эфф}}$  природных радионуклидов в строительных материалах (песок, щебень, цементное и кирпичное сырье и др.) и отходах промышленного производства, используемых для изготовления строительных материалов (зола, шлаки и др.).

Удельную эффективную активность рассчитывают по формуле:

$$A_{m\text{эфф}} = A_{Ra} + 1,31 \cdot A_{Th} + 0,085 A_K + 0,22 A_{Cs}, \text{ (2.3.2)}$$

где  $A_{Ra}$  – удельная активность радия-226,  $A_{Th}$  – удельная активность тория-232,  $A_K$  – удельная активность калию-40,  $A_{Cs}$  – удельная активность цезия-137 изотопов (антропогенный радионуклид чернобыльского происхождения –  $^{137}\text{Cs}$  и естественные изотопы  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ).

Таблица 2.3.1.

#### Результаты собственных измерений

Объект исследования	Показания прибора $A_v$ , кБк/л		Удельная активность (рассчитанная по средним значениям), $A_m$ , Бк/кг		$A_{эфф}$ , Бк/кг
	Cs-137	K-40	Cs-137	K-40	
Фон					
Песок					
Глина					

По формуле (2.3.2) рассчитывают удельной эффективной активности строительных материалов. Высчитанные значения  $A_{m\text{эфф}}$  записать в табл. 2.3.1, как результаты проведенных измерений.

Таблица 2.3.2.

#### Удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах (Бк/кг).

Вид материала	Радий-226	Торий-232
Глина	20,4	33,7
Бетон легкий	21,8	15,2
Бетон тяжелый (цемент)	23,7	16,7
Песок	7,8	12,3
Щебень из доломитов и известняков	12,6	4,8
Щебень из гранита	27,4	35,9
Гранитный отсев	43,0	118,2

Стройматериалы	27,8	32,6
----------------	------	------

Значения  $A_k$  и  $A_{CS}$  получают после вычисления по формуле (2.3.2). Значения удельной активности радия-226 и тория-232 берут из табл. 2.3.2.

Полученные значения удельной эффективной активности исследуемых материалов сравнить со значениями, приведенными в табл. 2.3.3. Сделайте вывод о возможности их применения в строительстве. При  $A_{тэфф} > 1350 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$  использование материалов для строительных целей запрещается.

### 2.3.9 Выводы по выполненной работе

Таблица 2.3.3.

#### Классификация строительных материалов по удельной эффективной активности.

Класс материала	Суммарная удельная активность $A_{эфф}$ , Бк/кг	Возможные виды строительства
I	< 370	Используют для строительства жилья и общественных зданий и всех видов строительства без ограничений.
II	< 740	Используют в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений, внутри помещений нежилых и общественных зданиях, для наружной облицовки жилых и промышленных зданий.
III	< 1350	Используют в дорожном строительстве вне населенных пунктов, в пределах населенных пунктов – строительство подземных сооружений, покрытых грунтом толщиной более 0,5 м, где исключено пребывание людей.
IV	< 3700	Используют в строительстве основания дорог, плотин и прочее вне населенных пунктов при условии низкоактивных материалов толщиной более 0,5 м.
V	> 3700	Не должны использоваться для строительства. Их захоранивают.

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 2

1. Как воздействует ИИ на организм человека?
2. Что называют внутренним и внешним облучением?
3. Какие вам известны последствия облучения?
4. Как реагируют органы и системы человека на облучение.
5. Какая радиочувствительность органов и систем при внешнем и внутреннем облучении?
6. Что называют радиопротекторами?
7. Дайте определение радиационным синдромам.

8. Дайте определение и характеристику детерминированным и стохастическим эффектам.
9. Какие заболевания относятся к стохастическим эффектам?
10. Течение и степени тяжести острой и хронической лучевой болезни.
11. Что вы знаете о радиационных рисках и синергизме?
12. Какие международные организации разрабатывают нормы радиационной безопасности?
13. Расскажите об основных принципах радиационной безопасности.
14. Какое существует нормирование облучения для практической деятельности?
15. Что такое уровни вмешательства и какие уровни известны?
16. Как организуется йодной профилактика и проводятся защитные мероприятия при радиационных авариях?
17. Какая имеется нормативно-правовая база в Республике Беларусь по радиационной безопасности населения?
18. Что вы знаете о нормах радиационной безопасности (НРБ-2000) и санитарных нормах и правилах (ОСП-2002)?
19. Какие требования у норм к ограничению облучения различных категорий населения?
20. Какие имеются допустимые уровни облучения населения и профессионалов?
21. Для чего введены Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и в питьевой воде?
22. Как проводится регулирующий контроль в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности?
23. Как оценивают удельную эффективную активность строительного материала?
24. Как классифицируют строительные материалы по удельной эффективной активности?

### **3 КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** (лекции – 2 часа, лабораторные занятия – 2 часа).

#### **3.1 ЛЕКЦИЯ: КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС, ОСОБЕННОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** (2 часа)

*План лекции: Причины, приведшие к аварии на Чернобыльской АЭС. Развитие и ликвидация аварии. Особенности радиоактивного загрязнения территории республики. Основные радионуклиды, выпавшие на территорию республики после катастрофы на Чернобыльской АЭС, их характеристика, последствия воздействия на организм человека, животный и растительный мир. Особенности миграции радионуклидов в окружающей среде. Прогнозирование радиационной обстановки на территории РБ. Социально-экономические последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для РБ. Медицинские последствия для здоровья населения. Биологические и экологические аспекты последствий радиоактивного загрязнения территории республики.*

26 апреля 1986 года в 01 час 23 мин. 40 с. на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС произошли два взрыва, которые полностью разрушили реактор. *Причинами аварии* были непрофессиональные действия персонала энергоблока ЧАЭС по проведению эксперимента. Ошибки в их работе способствовали реализации конструктивных и физических недостатков ядерного реактора РБМК–1000. Такими недостатками были: возможность проявления положительного парового коэффициента реактивности, высокая чувствительность нейтронного поля к возмущениям реактивности, большое количество тепловой энергии, аккумулированной в металлоконструкциях, ТВЭЛах, графитной кладке реактора, несовершенство системы аварийной остановки реактора, отсутствие защитной оболочки.

*В развитии аварии на ЧАЭС* важную роль сыграл пожар. Остатки активной зоны расплавились, смесь из расплавленного металла, песка, бетона и фрагментов топлива растеклась по подреакторным помещениям. В результате катастрофы произошёл выброс в окружающую среду более 200 радионуклидов 36 химических элементов радиоактивных веществ, в том числе изотопов урана, плутония, йода-131, цезия-134, -137, стронция-90 и др.

В окружающую среду было выброшено более 30% от 180–190 т ядерного топлива, находившегося в реакторе, его продукты деления, трансурановые элементы, все благородные газы, содержащиеся в реакторе, примерно 55% йода в виде смеси пара, твёрдых частиц и органических соединений и аэрозоли цезия и теллура. Суммарная активность веществ, выброшенных в окружающую среду, достигло  $14 \cdot 10^{18}$  Бк (вероятно, и больше).

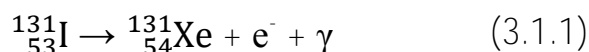


Рис. 3.1.1.

Загрязнение территории Беларуси цезием-137 в 1986 г.

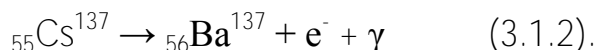
Радиоактивному загрязнению изотопами  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  выше  $37 \text{ кБк/м}^2$  подверглось более 46 тыс.  $\text{км}^2$  (23%) территории РБ,  $^{90}\text{Sr} > 5,6 \text{ кБк/м}^2$  – 20 тыс.  $\text{км}^2$  (10%),  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu} > 0,74 \text{ кБк/м}^2$  – 4 тыс.  $\text{км}^2$  (2%), где проживало более 2 млн. человек (свыше 500 тыс. детей) (рис. 3.1.1). Загрязнение оказалось масштабным, неравномерным и «пятнистым», радионуклиды чернобыльского выброса попали и облучили все компоненты экосистемы и оказались вовлеченными в геохимические и трофические циклы миграции. Наиболее сильно пострадали области, в которых в это время прошёл дождь (Гомельская, Могилевская, Брестская области). Йод распространился почти на всю территорию Беларуси.

Загрязнение территории Беларуси изотопами йода распространилось по всей территории Беларуси. В окружающую среду попали изотопы  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{134}\text{I}$  и  $^{135}\text{I}$ . При распаде  $^{131}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 8,14$  дня) превращается в  $^{131}\text{Xe}$ . Выделяются также электрон со средней энергией 203 кэВ и  $\gamma$ -кванты с энергией 637 кэВ:

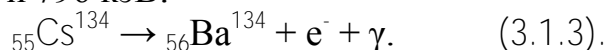


Поступление радиоактивного йода в щитовидную железу человека приводит к нарушению образования в ней гормонов (тироксина, трийодтиронина и кальцитонина). Изменяются процессы роста, созревания тканей и органов, обмена веществ и энергии, обмена кальция в клетках, процессы роста и развития костного аппарата. Отмечают изменения и в генетическом аппарате клеток щитовидной железы, приводящие к развитию в ней ракового заболевания.

Имеется 20 радиоактивных и 1 стабильный изотоп цезия. При  $\beta$ -распаде цезия-137 ( $T_{1/2} = 30,2$  года) энергия электрона составляет 514 кэВ (макс. – 1,18 МэВ),  $\gamma$ -кванта – 661 кэВ, что способствует превращению его в стабильный изотоп бария:



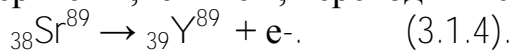
При  $\beta$ -распаде цезия-134 ( $T_{1/2} = 2,06$  года) энергия электрона достигает 662 кэВ,  $\gamma$ -кванта – 128 и 796 кэВ:



Главными депо цезия депо в организме человека являются мышцы, сердце, печень. Распределяются изотоп в организме равномерно и вызывают развитие опухолей.



Известно 12 радиоактивных *изотопов стронция* с атомной массой 81-83, 85, 89-96. Наиболее опасными являлись *стронций-89* ( ${}_{38}\text{Sr}^{89}$ ,  $T_{1/2} = 51$  день) излучая  $\beta^-$  частицу с энергией 1,462 МэВ, переходит в стабильный  $\text{Y}^{89}$ .

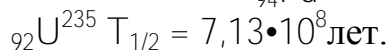
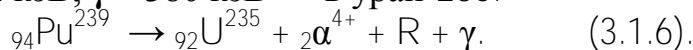


Стронций-90 ( ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ ,  $T_{1/2} = 29,12$  лет) испускает электрон с энергией 546 кэВ, превращаясь в иттрий-90 ( ${}_{39}\text{Y}^{90}$ ,  $T_{1/2} = 64,8$  часа). Последний испускает электрон с максимальной энергией 2,27 МэВ и превращается в цирконий-90 ( ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ ):

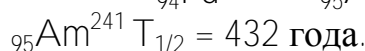
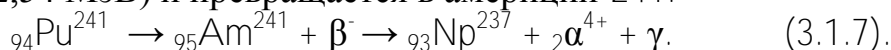


Изотопы стронция накапливаются в костях скелета, в особенности в позвонках, зонах активного роста и перестройки костей, скелете плода. Вызывают развитие опухолей

Известны 7 *изотопов плутония* с периодом полураспада  $T_{1/2} > 2$  лет. Плутоний-239 ( $T_{1/2} = 24,38$  тыс. лет) излучает  $\alpha$ -частицы с энергией около 5 МэВ,  $R$  – мягкое, 10-22 кэВ,  $\gamma$  – 380 кэВ  $\rightarrow$  в уран-235:

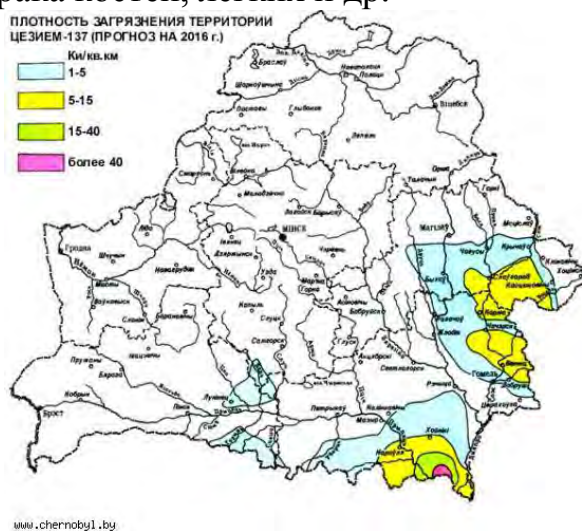


Плутоний-241 ( $T_{1/2} = 14,4$  года) испускает  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы (122 и 524 кэВ),  $\gamma$ -кванты (2,54 МэВ) и превращается в америций-241:



Изотопы плутония накапливаются в костях, печени, лёгких. Вызывают развитие хронической анемии, остеопороза, рака костей, лёгких и др.

На радиационную обстановку большое влияние оказала *вертикальная и горизонтальная миграция*  ${}^{137}\text{Cs}$  и  ${}^{90}\text{Sr}$ . Миграция их вглубь почвы происходит медленно. У  ${}^{90}\text{Sr}$  скорость заглубления выше, чем у  ${}^{137}\text{Cs}$ , особенно в глинистых и песчано-подзолистых почвах. Средняя скорость миграции радионуклидов составляет 0,3–0,5 см/год. Темпы миграции увеличиваются с повышением влажности почвы. Движущими силами вертикальной миграции радионуклидов являются конвективный перенос (фильтрация атмосферных осадков вглубь почвы), капиллярный перенос радионуклидов с влагой к поверхности в результате испарения, перенос радионуклидов с влагой под действием градиента температур; перенос по корневым системам растений, роющая деятельность почвенных животных, хозяйственная деятельность человека и др. Горизонтальная миграция радионуклидов происходит с ветром, во время лесных пожаров и пожаров торфяников, со стоками поверхностных вод, паводковыми и дождевыми по-



www.chernobyl.by

Рис. 3.1.2.

Прогнозируемый уровень загрязнения цезием-137 территории Беларуси в 2016 г

токами, дикими животными, птицами и др. Определенную роль в горизонтальном перемещении нуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Значительное количество радионуклидов распространяется по республике с выращенным на загрязнённых территориях урожаем.

В 2016 г. площадь загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше 37 кБк/м<sup>2</sup> уменьшится с 46 тыс. км<sup>2</sup> до 33 тыс. км<sup>2</sup> или с 23% до 16% от всей территории республики (рис. 3.1.2). Примерно в такой же пропорции уменьшится загрязнение радиоактивным  $^{90}\text{Sr}$ . Рост активности почв, загрязнённых трансурановыми изотопами, за счёт америция  $^{241}_{95}\text{Am}$  будет продолжаться до 2060 г. и его вклад составит 66,8%. В частности, в 2086 г.  $\alpha$ -активность почв на загрязнённых плутонием территориях РБ будет в 2,4 раза выше, чем в начальный послеаварийный период.

*Социально-экономический ущерб* от катастрофы на ЧАЭС намного больше затрат на обеспечение безопасности ядерной установки<sup>34)</sup>. Ущерб, нанесенный нашей республике чернобыльской катастрофой в расчете на 30-ти летний период ее преодоления, равен 235 млрд. долларов США, что соответствовало 32 бюджетам республики в 1985 г. Наибольший ущерб нанесен здоровью населения, агропромышленному и лесному хозяйству, промышленности, социальной сфере, строительному комплексу, транспорту, связи, жилищно-коммунальному хозяйству, сырьевым ресурсам, земельным, водным, лесным и другим ресурсам. Социальные потери включают потери в жилищном хозяйстве, охране здоровья, образовании и культуре, торговле и общественном питании, бытовом обслуживании. Делятся на непосредственный и косвенный ущерб от катастрофы.

*Последствия катастрофы на ЧАЭС оказали серьезное влияние на здоровье людей.* Было зарегистрировано 134 случая острой лучевой болезни среди людей, выполнявших аварийные работы. К 2004 г. уровень заболеваемости злокачественными образованиями среди хронически больных детей увеличился и составил 13,9 случая на 100 000 детского населения. В 1990–1998 гг. было выявлено более 4000 случаев заболевания раком щитовидной железы среди тех, кому в момент аварии было менее 18 лет. С 2001 г. его число увеличилось в 3,5 раза, а заболеваемость доброкачественными новообразованиями – более чем в 2 раза. Острой проблемой остаются болезни эндокринной системы, которые на загрязненных территориях превысили на 20% средний уровень по республике. Достоверно возросло число болезней, сопровождающихся повышенным артериальным давлением, цереброваскулярными изменениями, инфарктом миокарда среди населения трудоспособного возраста. В различных районах Белоруссии обнаружено увеличение числа врождённых патологий в период между 1986 и 1994 гг.

Особенно высокая заболеваемость у ликвидаторов последствий Чернобыльской катастрофы, у эвакуированных из 30-ти км зоны в 1986 г. и у людей, проживавших и проживающих в зонах первоочередного и последующего отселения.

---

<sup>34)</sup> Ежегодное обеспечение безопасности АЭС обходится, в среднем, в 600 млн. долларов.

*В результате загрязнения почв радиоактивными веществами пострадали флора и фауна Полесья и др. регионов, леса, болота и др. Особую тревогу вызывает опасность распространения радионуклидов через водную среду.*

В первые дни катастрофы на ЧАЭС около 80% всех радиоактивных выпадений на лесные площади было задержано надземными частями древесных растений и около 20% их осели на почвенный покров. В зоне радиоактивного загрязнения оказалось ~1,73 млн. га лесов, или 25% лесных угодий республики. Продолжается накопление радионуклидов в древесине основных лесобразующих пород. Вклад во внутреннюю дозу облучения жителей «лесных» населенных пунктов вносят грибы, лесные ягоды, дичь и др.

Накопление радионуклидов в растениях происходит благодаря поступления их с водой и минеральными веществами через корневую систему и с поверхности листа. Величина его зависит от коэффициентов *перехода радионуклидов в продукты питания из почвы* – соотношения между содержанием радионуклидов в продуктах питания и в почве. Они колеблются для  $^{137}\text{Cs}$  от 0,5–0,6 в хлеб пшеничный до 60 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>) в грибы и для  $^{90}\text{Sr}$  от 0,2 в мясо говяжье до 2 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>) в рыбу. В результате, *хлебобулочные изделия и мясо, например, имеют несколько большую радиоактивность, чем молоко, сметана, масло, кефир, овощи и фрукты.*

Организмы, которые накапливают радионуклиды в особенно высоких концентрациях, называют *«биоиндикаторами радиоактивного загрязнения»*. Так, водоросль кладофора особенно интенсивно накапливает  $^{91}\text{Y}$ , а моллюск большой прудовик –  $^{90}\text{Sr}$ . Их можно использовать для оценки загрязненности окружающей среды.

В организм человека (и животных) радионуклиды поступают через легкие, желудочно-кишечный тракт и кожу. Если в первые дни аварии на ЧАЭС актуальными были все три способа поступления, то в настоящее время – преобладает поступление через желудочно-кишечный тракт.

Основным является поступление радионуклидов из почвы в организм человека по пищевым цепочкам – путям прохождения радионуклидов через промежуточные продукты питания к человеку. Таких пищевых цепочек много (рис. 3.1.3).

В качестве примера приведем несколько из них: почва-растение-животное-молоко-человек, почва-растение-животное-мясо-человек, вода-водоросли-рыба-человек и др. Удельная активность радионуклида в каждом последующем звене цепочки выше, чем в предыдущем.

Высокие уровни накопления радионуклидов растительным комплексом исключают их использование человеком. Максимальное количество радиоактивного цезия находят у птиц и хищных животных, являющихся объектами охоты. Остаётся на высоком уровне также содержание радионуклидов у копытных млекопитающих, обитающих в наиболее загрязнённых районах. Загрязнены радионуклидами также и водные экосистемы.

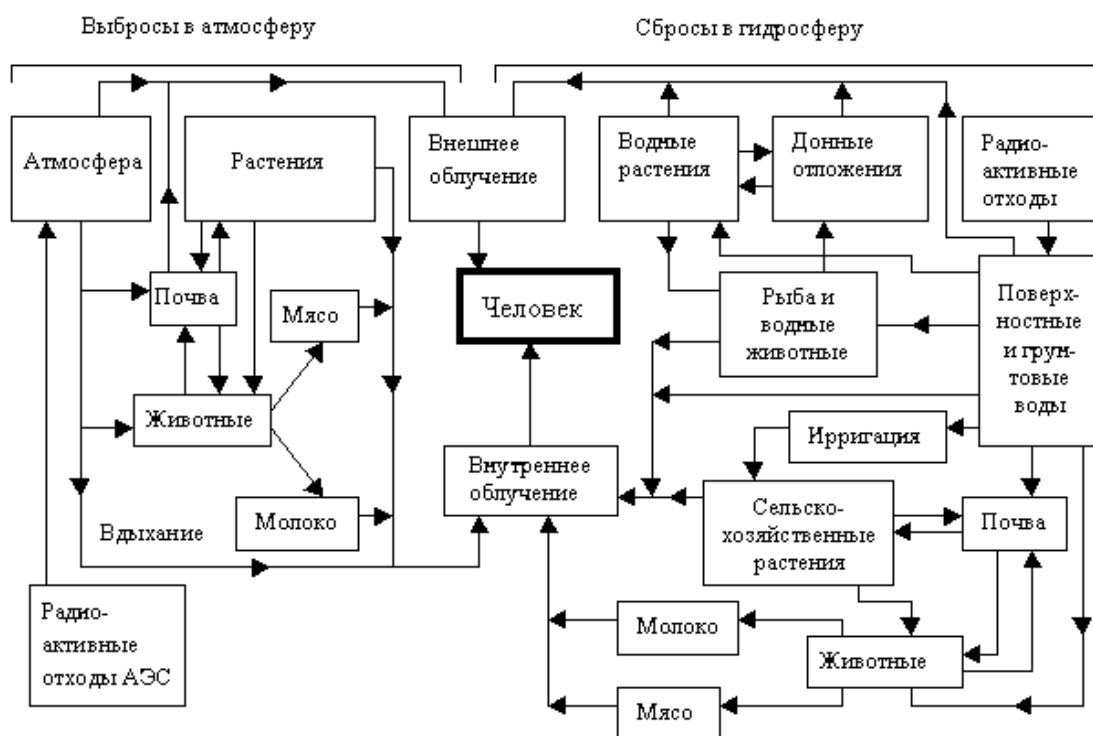


Рис. 3.1.3. Пищевые цепочки радионуклидов чернобыльского происхождения

## 3.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ МЕСТНОСТИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС<sup>35</sup> (2 часа)

**Цель работы** – научиться прогнозировать и оценивать радиационную обстановку при радиоактивном загрязнении территории после аварии на АЭС или взрыва одиночного ядерного боеприпаса. Оценить воздействие на здоровье человека внешнего  $\gamma$ -излучения. По результатам оценки предложить меры защиты, исключающие или уменьшающие радиационные потери среди населения.

**3.2.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить материалы учебного комплекса с целью использовать их при решении задач. 2) В процессе решения задач выбирать исходные данные своего варианта из табл. 3.2.1.

Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.

<sup>35</sup> Приводится адаптированная к учебному комплексу методика, разработанная Пустовитом В.Т., Смирновой Е.К. и опубликованная в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность». Оценка радиационной опасности и способов противорадиационной защиты. / ч 3. Минск: Изд-во БНТУ – С. 6–28.

Таблица 3.2.1.

## Исходные данные

№ п/п	Задача 1				Задача 2	
	Время измерения мощности экспозиционной дозы на объекте, ч. мин		Мощность экспозиционной дозы, Р/ч		Время, прошедшее с момента взрыва до начала облучения, ч	Время пребывания на радиоактивно загрязненной местности, ч
	первое измерение, $t_1$	второе измерение, $t_2$	при первом измерении, $X_1$	при втором измерении, $X_2$		
1	2	3	4	5	6	7
1	10-30	11-00	60,1	48,1	3	5
2	6-45	7-00	107,3	85,9	2	6
3	8-00	8-15	40,9	34,8	1	4
4	9-35	10-20	153,9	100,0	5	7
5	6-15	6-30	76,6	61,4	1	6
6	8-00	8-10	67,7	60,9	3	7
7	11-50	12-20	133,6	106,9	4	5
8	17-15	18-00	92,3	60,0	2	4
9	8-50	9-05	51,1	43,5	2	8
10	15-45	16-30	102,7	82,2	6	7
11	7-00	7-10	115,8	104,3	3	5
12	13-45	14-00	107,3	85,9	3	8
13	13-00	13-15	89,1	80,2	6	7
14	11-25	11-35	79,6	75,7	4	5
15	8-25	8-40	76,7	61,4	1	5
16	79-35	9-50	92,0	78,3	3	6
17	11-15	12-00	118,5	88,9	8	7
18	10-00	10-30	133,3	100,0	4	8
19	8-05	8-20	122,7	104,3	3	5
20	7-00	7-30	81,8	49,1	1	7
21	9-30	9-45	106,6	80,0	4	5
22	9-00	9-45	58,2	46,6	4	6
23	8-15	8-30	23,7	21,4	2	7
24	10-10	10-20	35,0	33,3	2	9
25	11-20	11-50	147,2	110,4	4	10
26	7-20	7-35	56,8	45,5	3	6
27	9-50	10-05	65,7	49,3	4	7
28	11-05	11-50	40,9	26,6	3	6
29	8-20	8-35	38,8	31,1	3	4
30	12-15	12-45	26,1	22,2	2	4

## 3.2.2 Решения задач

Задача 1. Привести мощность экспозиционной дозы к одному часу после взрыва.

– Определяем интервал времени между вторым и первым измерениями (табл. 3.2.2):

$$t_2 - t_1 \quad (3.2.1)$$

– Рассчитываем отношение уровней радиации при втором и первом измерениях:

$$X_1^1 / X_2^1 \quad (3.2.2)$$

– По отношению (3.2.2) и промежутку времени между вторым и первым измерениями ( $t_2 - t_1$ ) в табл. 3.2.2 находим время, прошедшее с момента взрыва до второго измерения ( $t_{\text{изм}}$ ).

Таблица 3.2.2.

**Определение времени, прошедшего с момента взрыва**

Отношение мощностей экспозиционных доз при втором и первом измерениях, $X_1 / X_2$	Время между двумя измерениями, ч, мин			
	10 мин	15 мин	30 мин	45 мин
0,95	4 ч	6 ч	12 ч	18 ч
0,90	2 ч	3 ч	6 ч	9 ч
0,85	1 ч 20 мин	2 ч	4 ч	6 ч
0,80	1 ч	1 ч 30 мин	3 ч	4 ч 30 мин
0,75	50 мин	1 ч 15 мин	2 ч 30 мин	3 ч 30 мин
0,70	40 мин	1 ч	2 ч	3 ч
0,65	35 мин	50 мин	1 ч 40 мин	2 ч 30 мин
0,60	30 мин	45 мин	1 ч 30 мин	2 ч 10 мин
0,55	–	40 мин	1 ч 20 мин	1 ч 50 мин
0,50	–	35 мин	1 ч 10 мин	1 ч 45 мин

– Находим время взрыва:

$$t_{\text{взр}} = t_2 - t_{\text{изм}}. \quad (3.2.3)$$

– По табл. 3.2.3 определяем коэффициент пересчета  $K$  на время  $t_{\text{изм}}$ .

– Определяем уровень радиации на один час после взрыва:

$$X^1 = X_2^1 \cdot K \quad (3.2.4)$$

**Задача 2 Определить возможные эквивалентные дозы облучения  $\gamma$ -лучами при действиях людей на местности, загрязненной радиоактивными веществами (исходные данные в табл. 3.2.1).**

– По исходным данным табл. 3.2.1 для задачи 2 своего варианта и по табл. 3.2.4 находят экспозиционную дозу излучения  $X_{100}$  (в Рентгенах) при величине мощности экспозиционной дозы 100 Р/ч.

Таблица 3.2.3

**Коэффициент пересчета  $K$  мощности экспозиционной дозы на один час после взрыва**

Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправочный коэффициент, $K$	Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправочный коэффициент, $K$	Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправочный коэффициент, $K$
0,5	0,44	6	8,59	16	27,86
1	1	7	10,33	17	29,95
1,5	1,63	8	12,13	18	32,08
2	2,30	9	13,96	19	34,24
2,5	3,00	10	15,85	20	36,41
3	3,74	11	17,77	24	45,31
3,5	4,50	12	19,72	30	59,23
4	5,28	13	21,71	36	73,72
4,5	6,08	14	23,73	48	104,1
5	6,90	15	25,73	72	169,3

Таблица 3.2.4

**Экспозиционные дозы излучения ( $X_{100}$ ) на открытой местности для  
заданного времени пребывания людей при мощности экспозиционной  
дозы 100 Р/ч на 1 ч после взрыва, Р**

Время, прошедшее с момента взрыва до начала облучения, ч	Время пребывания на радиоактивно зараженной территории, ч																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
1	64,8	98,8	121	138	151	161	170	178	184	190	201	209	216	222	228	233	237
2	34,0	56,4	72,8	85,8	96,4	105	113	119	125	131	140	148	155	161	166	170	174
3	22,4	38,8	52,8	62,4	71,2	77,8	84,6	91,9	95,8	100	110	117	124	130	134	138	142
4	16,4	29,4	40,2	49,2	56,6	63,4	69,4	74,7	79,4	83,8	91,6	93,3	104	109	114	118	122
5	13,0	23,6	32,4	40,0	46,8	52,8	58,0	62,8	67,2	71,2	78,5	84,7	90,2	95,3	99,8	104	108
6	10,6	19,4	27,0	33,8	39,8	45,0	49,8	54,2	58,2	62,0	68,7	77,5	79,8	84,6	88,9	92,9	96,6
7	9,0	16,5	23,3	29,3	34,6	39,4	43,9	47,8	51,6	55,1	61,6	66,7	71,6	76,1	80,2	88,8	87,2
8	7,5	14,4	20,4	25,6	30,4	34,8	38,8	42,6	46,1	49,3	55,1	60,4	65,2	69,5	73,5	77,2	80,5
9	6,8	12,8	18,1	22,9	27,4	31,3	35,1	38,6	41,8	45,3	50,4	55,2	59,6	63,7	67,3	70,5	73,4
10	6,0	11,2	16,0	20,4	24,5	28,2	31,7	34,9	37,9	40,7	46,0	50,8	55,1	59,7	62,8	66,2	69,4

– Экспозиционную дозу излучения в воздухе на открытой местности находят по формуле:

$$X_v = X_{100} \cdot \dot{X} / 100, P \quad (3.2.5)$$

где  $\dot{X}$  – мощность экспозиционной дозы по результатам решения задачи 1.

– Производим пересчет экспозиционной дозы в эквивалентную дозу (для биологической ткани):

$$H = 0,96 \cdot X_v, \text{ бэр} \quad (3.2.6)$$

– Эквивалентная доза облучения в производственных помещениях, полученная людьми, рассчитывается по формуле:

$$H_{\Pi} = H / K_{\text{осл}}, \text{ бэр} \quad (3.2.7)$$

Значение коэффициента ослабления дозы радиации ( $K_{\text{осл}}$ ), являющегося одной из характеристик степени защищенности, даны в табл. 3.2.5.

Таблица 3.2.5.

**Коэффициенты ослабления доз радиации ( $K_{\text{осл}}$ )**

На открытой местности	1
Автомобиль, крытый вагон	2
Бульдозер, авто грейдер	4
Открытые щели, траншеи	3...4
Дезактивированные щели, траншеи	20
Перекрытые щели, траншеи	40
Укрытия, убежища	400...1000
Производственное здание, цех	5...8
Дома жилые каменные:	
одноэтажные	10...13/40...50 20...30/400...600
трехэтажные	25...50/400...600
пятиэтажные	
Дома жилые деревянные:	
одноэтажные	2/7
двухэтажные	7...13/12...16

**Примечание.** Числителем показан диапазон изменения  $K_{\text{осл}}$  для этажей дома, а знаменателем – для подвала. Нижняя граница диапазона характеризует  $K_{\text{осл}}$  нижних этажей (например, для 3-этажного цеха).

**Задача 3 Определение допустимой продолжительности работы в цехах завода на радиоактивно загрязненной территории (исходные данные в табл. 3.2.6.**

– Определяем мощность экспозиционной дозы на момент начала облучения людей при входе на загрязненный радионуклидами участок территории

$$\dot{X}_{\text{вх}} = \dot{X} / K \quad (3.2.8),$$

где  $\dot{X}$  – мощность экспозиционной дозы на 1 час после взрыва (является результатом решения задачи 1);  $K$  – поправочный коэффициент, определяемый по табл. 3.2.3. Время прошедшее после взрыва до начала облучения берется из исходных данных задачи 2 в табл. 3.2.1.

– Используя в исходных данных задачи 3 в табл. 3.2.6

$$H_{\text{зад}} = 0,96 \cdot X_{\text{Зад}} \quad (3.2.9)$$

и коэффициент  $K_{\text{осл}}$  из табл. 3.2.7 рассчитывают отношение

$$X_{\text{зад}} / \dot{X}_{\text{вх}} \cdot K_{\text{осл}} \quad (3.2.10).$$



Таблица 3.2.6.

## Данные для решения задач

N п/п	Задача 3	Задача 4			Задача 5
	Заданная доза облучения, $H_{зад}$ , бэр	Количество рабочих и слу- жащих на объ- екте N, чел	Ранее полу- ченная доза, $H_{рп}$ , бэр	Время, прошед- шее после перво- го облучения, недели	$K_{осл}$ радиации защитными сооружениями
1	2	3	4	5	6
1	25	360	25	3	160
2	15	280	30	5	90
3	23	400	30	4	70
4	30	420	40	5	80
5	35	340	18	4	200
6	15	260	28	8	200
7	30	370	23	3	1100
8	25	430	8	2	1000
9	20	300	30	9	90
10	21	440	22	4	1600
11	18	500	20	9	150
12	20	460	33	6	1400
13	30	390	36	7	180
14	25	460	28	4	190
15	14	375	36	8	1800
16	20	416	33	7	90
17	14	400	36	5	90
18	30	470	22	2	1200
19	25	395	38	4	1300
20	29	600	34	5	150
21	30	300	30	4	85
22	15	320	18	4	160
23	30	218	16	3	1250
24	11	350	30	3	400
25	23	120	30	4	180
26	20	100	40	4	200
27	28	80	35	3	100
28	15	150	28	5	300
29	18	388	38	2	400
30	30	250	40	3	200

Таблица 3.2.7.

## Значение остаточных эквивалентных доз облучения в зависимости от времени

Показатель	Время, прошедшее после облучения, недели													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Остаточная доза ( $H_{ост}$ ) радиации (доля от ранее по- лученной), %	90	75	60	50	42	35	30	25	20	17	15	13	11	10

**Примечание:** 1. Остаточная доза ( $D_{ост}$ ) – это доза в процентах от полученной дозы в результате облучения, не восстановленная организмом к данному сроку. 2. В первые четверо суток после облучения восстановление организма не происходит. 3. Все возможное восстановление организма происходит примерно за три месяца. Около 10% радиационного поражения не восстанавливается (необратимая часть). 4. При повторном облучении остаточная доза суммируется с вновь полученной дозой.

По значениям этого отношения и времени, прошедшего с момента взрыва по табл. 3.2.8 определяют допустимое время пребывания людей в цехах завода.

**3.2.2.4 Определение возможных радиационных потерь рабочих и служащих на открытой местности и в цехах завода.** Исходные данные для решения задачи в табл. 3.2.6: 1) количество рабочих и служащих ( $N$  чел. из табл. 3.2.6); 2) эквивалентная доза  $H$  (бэр), полученная людьми на открытой местности (по результатам решения задачи 2); 3) условия защищенности ( $K_{\text{ОСЛ}} = 1$  для открытой местности); 4) ранее полученная эквивалентная доза  $H_{\text{РП}}$  (из табл. 3.2.6); 5) время, прошедшее после предыдущего облучения, в неделях (из табл. 3.2.6); 6) остаточная эквивалентная доза  $H_{\text{ОСТ}}$ , которая осталась в организме человека после предыдущего облучения, которую необходимо определить.

Например, если на заводе будет работать  $N$  чел., которые четыре недели тому назад уже получили дозу ( $H_{\text{РП}}$ ), то какие радиационные потери могут быть при выполнении ими работ на открытой местности ( $K_{\text{ОСЛ}} = 1$ )?

– По табл. 3.3.7 определяем % остаточной эквивалентной дозы от ранее полученной, в зависимости от времени прошедшего после первого облучения (недели). Значения  $H_{\text{РП}}$  и времени прошедшего после облучения указаны в исходных данных (табл. 3.2.6).

$$H_{\text{ОСТ}} = H_{\text{РП}} / 100 \cdot \% H_{\text{ОСТ}} \quad (3.2.11)$$

– Определяем суммарную эквивалентную дозу  $H_{\Sigma}$

$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{ОСТ}}, \quad (3.2.12),$$

где значение  $H$  берем по результатам решения задачи 3.2.2.2.

– По табл. 3.2.9<sup>36</sup> значения  $H_{\Sigma}$  в столбце «всего пораженных» находим % ВП людей от всех облученных.

Конкретное количество пораженных (потерявших трудоспособность) людей  $N_{\text{ПГ}}$  находим по формуле:

$$N_{\text{ПГ}} = (N_{\text{чел}} / 100) \cdot \% \text{ВП, чел} \quad (3.2.13),$$

где  $N_{\text{ЧЕЛ}}$  берут из условия задачи 4 в табл. 3.2.6.

---

<sup>36</sup>В таблице представлены также % пораженных людей от всех облученных в течение двух суток, второй и третьей недель, третьей и четвертой недель.

Таблица 3.2.8.

**Допустимое время пребывания людей на радиоактивно загрязненной территории**

Значение соотношения $X_{зад}/\dot{X}_{вх}$	Время, прошедшее после взрыва до начала облучения, ч												
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24
	Допустимое время пребывания на местности, зараженной радиоактивными веществами, ч, мин												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,2	0-15	0-14	0-13	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12	0-12
0,3	0-22	0-22	0-20	0-19	0-19	0-19	0-19	0-18	0-18	0-18	0-18	0-18	0-18
0,4	0-42	0-31	0-26	0-26	0-25	0-25	0-25	0-25	0-25	0-25	0-25	0-24	0-24
0,5	1-02	0-42	0-35	0-34	0-32	0-32	0-32	0-31	0-31	0-31	0-31	0-31	0-30
0,6	1-26	0-54	0-44	0-41	0-39	0-39	0-38	0-38	0-37	0-37	0-37	0-37	0-37
0,7	2-05	1-08	0-52	0-49	0-47	0-46	0-45	0-45	0-44	0-44	0-44	0-44	0-43
0,8	2-56	1-23	1-02	0-57	0-54	0-53	0-52	0-51	0-51	0-51	0-50	0-50	0-49
0,9	4-09	1-42	1-12	1-05	1-02	1-00	0-59	0-58	0-57	0-57	0-57	0-57	0-55
1,0	5-56	2-03	1-23	1-14	1-10	1-08	1-06	1-05	1-05	1-04	1-04	1-03	1-02
2,0	Без ограничений	11	4-06	3-13	2-46	2-35	2-29	2-24	2-20	2-18	2-16	2-13	2-06
2,5		31	6-26	4-28	3-48	3-28	3-16	3-08	3-03	2-59	2-55	2-51	2-40
3,0		Без ограничений	9-54	6-09	5-01	4-28	4-10	3-58	3-49	3-43	3-38	3-30	3-14
4,0			23	11-05	8-12	6-57	6-10	5-50	5-33	5-19	5-10	4-58	4-26
6,0			193	35-35	19-48	14-4	12	11	10	9-24	8-57	8-19	7-01
10,0			Без ограничений	124	59	38	30	25	22	21	18	13	

**Примечание:**  $X_{зад}$  – заданная (установленная) экспозиционная доза излучения;  $K_{осл}$  – коэффициент ослабления дозы радиации зданиями, сооружениями;  $\dot{X}_{вх}$  – мощность экспозиционной дозы в момент входа в зону заражения (начало облучения).

– Аналогичным способом определяем количество людей со смертельным исходом (от всех пораженных). При необходимости определить радиационные потери при работе рабочих и служащих в цехах, надо  $H_{\Sigma}$  разделить на  $K_{\text{осл}}$  цеха и затем произвести расчет по приведенной выше методике.

Таблица 3.2.9.

**Возможные радиационные потери при однократном (до 4-х суток) облучении**

Суммарная доза $H_{\Sigma}$ , бэр	Выход из строя, % ко всем облученным в течение времени, отсчитываемого от конца облучения				Смертельный исход лучевой болезни от всего количества пораженных, %	Заболевания человека и их последствия
	двое суток	вторая и третья неделя	третья и четвертая неделя	всево пораженных		
10 и более	Гибель плода или грубые дефекты					
25 и более	Подавление иммунитета					
30 и более	Мутации в генах возрастают в 2 раза					
40 и более	Рост инфекционных осложнений					
100	Ед. случаи	0	Единичные случаи	Единичные случаи	0	Лучевая болезнь первой степени (легкая)
125	То же	0	5	5	0	
130	То же	0	7	7	0	
140	То же	0	10	10	0	
145	То же	0	12	12	0	
150	То же	0	15	15	0	
155	1	0	16	17	0	
160	2	0	18	20	0	
165	2	0	20	22	0	
170	3	0	22	25	0	
175	5	0	25	30	0	
180	7	0	27	34	0	
190	10	0	30	40	0	
200	15	0	35	50	Единичные случаи	Лучевая болезнь второй степени (средней тяжести)
210	20	0	40	60	2	
225	30	40	0	70	5	
240	40	40	0	80	8	
250	50	35	0	85	10	
260	60	30	0	90	12	
280	75	25	0	100	15	
300	85	15	0	100	20	
350	90	10	0	100	35	
400	100	0	0	100	43	Лучевая болезнь третьей степени (тяжелая)
450	100	0	0	100	50	
500	100	0	0	100	75	
550	100	0	0	100	85	
600	100	0	0	100	90	
Более 600	100	0	0	100	100	

**Примечания.** 1. Рабочие и служащие работают в производственных зданиях ( $K_{\text{осл}} = 7$ ) и проживают в каменных домах ( $K_{\text{осл}} = 10$ ). 2. Режим (графы 13-16) предусматривает пребывание рабочих и служащих в течение суток на открытой местности до 2 ч., остальное время – в производственных зданиях и жилых домах. Допустимая предельная норма принята 100 мбэр, что соответствует допустимой мощности дозы (ДМД), мбэр/ч,  $\dot{H}_{\text{ДМД}} = \frac{100}{t}$ , где  $t$  – число часов работы персонала в неделю, ч. При проектировании защиты принимается  $\dot{H} = 2,9$  мбэр/ч, если время работы менее 18 ч в неделю и  $\dot{H} = 1,4$  мбэр/ч при постоянном пребывании в помещении в течение рабочего дня.

Таблица 3.2.10.

## Режимы защиты рабочих и служащих и производственной деятельности объекта в условиях радиоактивного заражения местности

Наименование зон	Уровни радиации через 1 ч после взрыва, Р/ч	Условное наименование режима защиты	Коэффициент ослабления	Характеристика режима										Общая продолжительность соблюдения		
				Время прекращения работы объекта (люди непрерывно находятся в защитных сооружениях), ч				Продолжительность работы объекта с использованием для отдыха защитных сооружений, ч				Продолжительность режима с ограниченным пребыванием на открытой местности, ч				
				К <sub>1</sub> 25... 50	К <sub>2</sub> 51... 100	К <sub>3</sub> 101... 200	К <sub>4</sub> 1000 и более	К <sub>1</sub> 25... 50	К <sub>2</sub> 51... 100	К <sub>3</sub> 101... 200	К <sub>4</sub> 1000 и более	К <sub>1</sub> 25... 50	К <sub>2</sub> 51... 100		К <sub>3</sub> 101... 200	К <sub>4</sub> 1000 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			К <sub>1</sub>	4				10				22				
А	80	А-3	К <sub>2</sub>		3				9				24			1,5
			К <sub>3</sub>			3				8				25		
			К <sub>4</sub>				3				7				26	
			К <sub>1</sub>	6				16				26				
Б	100	Б-1	К <sub>2</sub>		4				14				30			2
			К <sub>3</sub>			3				12				33		
			К <sub>4</sub>				3				9				36	
			К <sub>1</sub>	8				24				28				
Б	140	Б-2	К <sub>2</sub>		6				18				36			2,5
			К <sub>3</sub>			5				16				39		
			К <sub>4</sub>				4				12				44	
			К <sub>1</sub>	12				36				46				
Б	180	Б-3	К <sub>2</sub>		8				24				64			4
			К <sub>3</sub>			6				20				70		
			К <sub>4</sub>				5				14				77	
			К <sub>1</sub>	24				48				72				
Б	240	Б-4	К <sub>2</sub>		12				28				104			6
			К <sub>3</sub>			8				24				112		
			К <sub>4</sub>				6				18				120	
			К <sub>1</sub>	48				72				120				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
В	300	В-1	К <sub>2</sub>		16				32				192			10
			К <sub>3</sub>			12				28				200		
			К <sub>4</sub>				8				24				208	
			К <sub>1</sub>	96				120				144				
В	400	В-2	К <sub>2</sub>		24				48				288			15
			К <sub>3</sub>			18				36				306		
			К <sub>4</sub>				12				32				316	
			К <sub>1</sub>	144				168				168				
В	500	В-3	К <sub>2</sub>		36				60				394			20

			K <sub>3</sub>			32				48				400	
			K <sub>4</sub>				24				40				416

**Примечание:** 1. Рабочие и служащие работают в производственных зданиях ( $K_{\text{осл}} = 7$ ) и проживают в каменных домах. 2. Режим (графы 13-16) предусматривает пребывание рабочих и служащих в течение суток на открытой местности до 2 ч, остальное время – в производственных зданиях и жилых домах.

**3.2.2.5 Определение режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности промышленного предприятия** (исходные данные в табл. 3.2.6).

Табл. 3.2.10 содержит варианты режимов производственной деятельности объектов, которые имеют защитные сооружения с коэффициентом ослабления радиации  $K_1 = 25...50$ ,  $K_2 = 51...100$ ,  $K_3 = 101...200$ ,  $K_4 = 1000$  и более.

– Определяем условное наименование режима в табл. 3.2.4 по мощности экспозиционной дозы на 1 ч после взрыва, вычисленной по результатам решения задачи 1.

– В исходных данных табл. 3.2.6 находим коэффициент ослабления защитного сооружения. В табл. 3.2.10 необходимо определить в какой диапазон коэффициентов  $K_1$ – $K_4$  входит коэффициент ослабления защитного сооружения вашего варианта.

– Находим в табл. 3.2.10:

а) на какое время объект прекращает работу, а люди укрываются в защитных сооружениях;

б) при возобновлении работы объекта в течении какого времени рабочие и служащие должны использовать для отдыха защитные сооружения;

в) продолжительность режима с ограниченным пребыванием людей на открытой местности;

г) общую продолжительность соблюдения режима.

### **3.2.3 Выводы по работе**

## **3.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА<sup>37</sup>**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ $\beta$ -АКТИВНОСТИ ДАРОВ ЛЕСА (2 часа)**

**Цель работы** – ознакомиться с причинами загрязнения радионуклидами леса и его даров, различиях накопления их в грибах, измерением удельной  $\beta$ -активности проб – даров леса с помощью радиометра КРВП-ЗБ.

**3.3.1 Порядок выполнения работы:** 1. Изучить настоящие методические материалы. 2. Перечертить в тетрадь таблицу и заполнить ее во время измерения проб, рассчитать полученные данные и сделать вывод о результатах выполненных измерений.

#### **3.3.2 Измерение $\beta$ -активности проб**

Радиометр КРВП-ЗБ представляет собой установку счёта импульсов с блоком детектирования  $\beta$ -излучения. В качестве детектора  $\beta$ -излучения используется низковольтный газоразрядный счетчик, заключенный в свинцовый домик для снижения влияния внешнего  $\gamma$ -излучения. Радиометр обеспечивает измерение  $\beta$ -активности пищевых продуктов, загрязненных  $\beta$ -активными веществами прямым методом в пределах от  $510^{-9}$  до  $5 \cdot 10^{-6}$  Ки/л.

<sup>37</sup> Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С 85–92.

Пересчетный блок состоит из литого металлического корпуса и шасси, на котором смонтированы все узлы. На лицевой панели расположены все органы управления блоком: 1) выключатель питающей сети (положение «**выкл.**» – питающая сеть отключена, положение «**сеть**» – питающая сеть включена); 2) тумблер рода работ «**проверка**», «**работа**»; 3) положение «**проверка**» – проверка исправности радиометра; 4) положение «**работа**» – работа с блоком детектирования; 5) часы с кнопкой «**пуск**» и ручкой «**завод**»; 6) панель с декартнами для подсчета количества зарегистрированных импульсов («**10000**, **1000**, **100**, **10**, **1**»); 7) номерная шкала декартнов дает возможность отсчитывать количество импульсов при остановке счета. Пуск секундомера часов осуществляется после поворота кнопки «пуск» влево с последующим нажатием.

**ВНИМАНИЕ!** При работе с часами не допускается прилагать большие усилия при нажатии кнопки «пуск» и рукоятки «завод» часов.

Блок детектирования  $\beta$ -излучения смонтирован в плоском пластмассовом корпусе. Со стороны рабочей поверхности счетчика отверстие крышки защищено триацетатной пленкой толщиной 10 мкм. Блок детектирования помещается на специальном держателе в разборный свинцовый домик, передняя стенка которого откидывается, открывая доступ внутрь домика. К верхней стенке с внутренней стороны прикреплен блок детектирования  $\beta$ -излучения, к боковым стенкам – рамка с направляющими для установки пластмассовой кюветы с пробой. Толщина внутренних стенок домика из свинца – 30 мм.

### **3.3.2.1 Подготовка радиометра КРВП-ЗБ к работе и проверка его работоспособности.**

– Открутить защитную крышку рукоятки завода часов, завести часы, вращая рукоятку «завод» против часовой стрелки. Не прилагайте при этом больших усилий!

– Если секундная стрелка не движется запустить часы легким поворотом рукоятки «пуск» против часовой стрелки. Не прилагайте больших усилий!

– Если стрелка секундомера не стоит в положении «0», нажать кнопку «пуск» и установить стрелку секундомера в нулевое положение.

– Включить радиометр тумблером «сеть» и выдержать его во включенном состоянии 3-5 мин для установления рабочего режима.

– Проверка работоспособности радиометра. Перевести тумблер в положение «проверка». Легким нажатием кнопки «пуск» запустить счетчик. Через 10 сек повторным нажатием кнопки «пуск» остановить счет импульсов. Радиометр исправен, если количество зарегистрированных декартнами импульсов равно  $1000 \pm 30$ . Нажатием кнопки «пуск» установить декартны в «0».

**3.3.2.2 Измерение радиоактивного фона:** 1) Перевести тумблер в положение «работа». 2) Открыть переднюю стенку свинцового «домика». Внутри его на передней стенке находится блок детектирования  $\beta$ -излучения. Непосредственно под блоком детектирования находится специальный паз, в кото-



рый вдвигается пластмассовая кювета с пробой. Измерение фона производится с пустой кюветой или без нее. 3) Легким нажатием кнопки «пуск» включить счетчик импульсов и секундомер. Допускается пользоваться секундомером наручных часов. Измерение фона производят 3 раза по одной минуте (если активность проб низкая, то возможно увеличение времени счета). Повторным нажатием кнопки «пуск» остановить счетчик импульсов и секундомер. На декартонах высвечивается количество зарегистрированных импульсов фона. 4) Определить скорость счета импульсов фона  $N_{\phi}$  по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{K_{\phi}}{t_{\phi}}$$

где:  $K_{\phi}$  – средняя арифметическая зарегистрированных импульсов фона;  $t_{\phi}$  – время измерения фона, сек;  $N_{\phi}$  – активность измеренных импульсов фона, 1/сек.

Нажатием кнопки «пуск» установить декартоны в «0».

#### 4.2.3. Измерение активности пробы

Установить кювету с пробой внутрь свинцового домика под блок детектирования. Легким нажатием кнопки «пуск» включить счетчик импульсов и секундомер. Время измерения активности пробы – три раза по одной минуте. Повторным нажатием кнопки «пуск» остановить счетчик импульсов и секундомер. На декартонах высвечивается количество импульсов пробы.

Определить активность проб  $N_{пр}$  по формуле:

$$N_{пр} = \frac{K_{пр}}{t_{пр}}$$

где  $K_{пр}$  – средняя арифметическая 3 измерений по одной минуте пробы, 1/сек;  $t_{пр}$  – время измерения пробы – 60 сек;  $N_{пр}$  – активность измеренных импульсов пробы, 1/сек.

Рассчитать удельную активность пробы  $A_{уд}$  пищевого продукта по формуле:

$$A_{уд} = \frac{N_{пр} - N_{\phi}}{P} \text{ Бк/кг (Ки/кг)},$$

где:  $N_{пр}$  – активность пробы, 1/сек;  $N_{\phi}$  – активность фона, 1/сек;  $P$  – коэффициент чувствительности радиометра (табл. 3.3.1).

Таблица 3.3.1.

#### Чувствительность «Р» радиометра КРВП-ЗБ Бк/кг (л)

Вид пробы	Коэффициент (Р) чувствительности радиометра КРВП-ЗБ (для Бк/кг)
Мясо и мясные продукты, молоко и молочные продукты, рыба, птица, мука, хлеб, яйца, яичный порошок, корнеплоды, бобовые, соки.	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Фрукты, ягоды, овощи, растительность, пищевая зелень, крупяные продукты сухие лекарственные травы, сено, комбикорма, грибы, чай, зерно.	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Вода питьевая (водопроводная, колодезная).	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Вода речная, озерная, прудовая и т.д. с частицами ила и почвы.	$11,6 \cdot 10^{-4}$
Пробы, содержащие калий-40 ( $^{40}\text{K}$ ).	$11,0 \cdot 10^{-4}$

Измеренные и вычисленные данные занести в табл. 3.3.2.

Таблица 3.3.2.

### Результаты собственных измерений

№ п/п	Проба пищевого продукта	Скорость счёта		Кэф. чувствительности Р	Удельная активность пробы, $A_{уд}$	
		$N_{пр}$	$N_{ф}$		факт.	Допуст. уровень
1	Фон					
2	Грибы					
3	Клюква					

Сравнить вычисленную фактическую удельную активность пробы пищевого продукта с Республиканскими допустимыми уровнями, содержания радиоактивных веществ в продуктах питания РДУ-1999. Сделать вывод о пригодности или не пригодности проб пищевых продуктов для использования. Укажите процент отклонения от допустимых уровней.

После выполнения работы закрутить защитные крышки рукояток часов, вынуть кювету из свинцового домика, выключить радиометр тумблером «Сеть».

**3.3.3 Выводы по выполненной работе.** Сделать выводы о соответствии замеренной активности проб допустимым значениям.

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 3

1. Какие причины привели к аварии на Чернобыльской АЭС?
2. Как развивалась и как проводилась ликвидация аварии?
3. В чем заключаются особенности радиоактивного загрязнения территории республики?
4. Какие основные радионуклиды выпали на территорию Республики Беларусь после катастрофы на Чернобыльской АЭС?
5. Дайте характеристику выпавших радионуклидов и последствий воздействия на организм человека, животный и растительный мир.
6. Какие особенности миграции радионуклидов в окружающей среде?
7. Какой существует прогноз радиационной обстановки на территории Республики Беларусь?
8. Что вам известно о социально-экономических последствиях катастрофы на Чернобыльской АЭС для Республики Беларусь?
9. Какие медицинские последствия от катастрофы на ЧАЭС для здоровья населения?
10. Охарактеризуйте биологические и экологические аспекты последствий радиоактивного загрязнения территории республики.
11. Как определяют режим защиты рабочих, служащих и производственной деятельности промышленного предприятия?
12. Как определить активность даров леса и какие у них нормативы?

## 4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(лекции – 2 часа, лабораторные занятия – 2 часа, практические (семинарские) занятия – 4 часа).

### 4.1 ЛЕКЦИЯ: МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ (2 часа)

**План лекции:** *Мероприятия, обеспечивающие безопасное проживание населения на радиоактивно загрязненной территории. Эвакуация и отселение. Медицинская помощь пострадавшим. Защитные мероприятия в агропромышленном комплексе. Система радиационного мониторинга и контроля продуктов питания в РБ. Классификация способов защиты от ионизирующего облучения. Физические, химические и другие способы защиты человека от облучения. Радиопротекторы. Ускоренное выведение радионуклидов из организма. Применение принципа конкурентного замещения. Употребление продуктов, слабо аккумулирующих радионуклиды. Насыщение организма витаминами и микроэлементами. Санитарно-гигиенические мероприятия. Другие способы защиты. Рациональное питание. Мероприятия по повышению адаптационно-компенсаторных возможностей организма человека. Ликвидация последствий радиоактивного загрязнения территорий. Дезактивация территорий, объектов и техники. Организация агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения территории. Агротехнические, агрохимические мероприятия и технологические приемы по снижению уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции.*

*Мероприятия по радиационной защите персонала и населения включают в себя комплекс организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий. Они используют разумное сочетание практической деятельности и оправданное применение вмешательства или меры радиационной защиты. Выживание населения на радиоактивно загрязненной территории обеспечивается эвакуацией и отселением населения, дозиметрическим и радиационным контролем и прогнозированием радиационной обстановки, оповещением населения о радиационной обстановке, постоянным снижением устанавливаемых дозовых нагрузок на население, дезактивацией территории, объектов, техники и продуктов питания, захоронением радиоактивных отходов, отходов промышленного и с/х производства, прекращением хозяйственной деятельности и ограничением свободного доступа на территории с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, репрофилированием в лесном и сельском хозяйстве, мерами по снижению содержания радиоактивных веществ в с/х продукции, организацией медицинской помощи пострадавшим от радиации и др.*

Важное значение имеют *санитарная обработка людей* с использованием бань, душевых, санитарно-обмывочных пунктов МО РБ, спецтехники и дезинфекционных душевых автомобилей ГО. Проводят также ограничение потребления загрязнённых с/х пищевых продуктов путем выполнения комплекса запретительных мер (молоко, молочные продукты, свежая зелень), изъятия

крупного рогатого скота из личных подсобных хозяйств, использованием феррициансодержащих препаратов и фильтров, запрещением использовать навоз и золу в качестве удобрений.

В раннюю фазу аварии (несколько часов от начала аварийного выброса) меры радиационной безопасности включают *оповещение населения об аварии и информирование его о порядке действий* в создавшихся условиях, укрытие населения, ограничение пребывания населения на открытой местности. Проводят защиту органов дыхания подручными средствами или средствами индивидуальной защиты. Обеспечивают профилактический прием стабильных йодсодержащих препаратов с целью предупреждения накопления радиоактивного йода в щитовидной железе.

*Эвакуируют и переселяют население.* Эвакуация – временное отселение, переселение на месяц или больше при условии возможного возвращения в места постоянного проживания. *Отселение* – переселение людей из зоны радиационной аварии на постоянное место жительства. Согласно концепции безопасного проживания, эвакуацию и отселение производят при угрозе облучения всего тела дозой от 0,05 до 0,5 Зв. Эвакуацию детей и беременных женщин рекомендуется проводить на ранней фазе при угрозе облучения тела дозами от 0,01 до 0,05 Зв (ЩЖ от 0,2 до 0,5 Зв).

*Медицинское обеспечение радиационной безопасности* включает в себя медицинские обследования (медосмотр), профилактику заболеваний, а в случае необходимости, лечение и реабилитацию лиц, у которых выявлены отклонения в состоянии здоровья. Уже через десятки минут после аварии на АЭС начинают сортировку пострадавших и *оказание им медицинской помощи*. Заболевших людей госпитализируют в стационар. Проводят оценку возможных уровней внешнего и внутреннего облучения персонала АЭС и населения.

Постоянно проводится оценка состояния здоровья основных категорий пострадавших во время диспансеризации. Создают и проводят анализ данных Государственного регистра лиц, пострадавших от катастрофы на АЭС. Своевременно выявляют заболеваемость и проводят лечебно-реабилитационные мероприятия, способствующие сохранению здоровья пострадавших.

Поэтапно ужесточают нормы содержания радионуклидов в основных продуктах питания и радиоактивного загрязнения объектов в населённых пунктах. Принимают меры по предотвращению детерминированных эффектов и снижению частоты стохастических эффектов у населения.

*Защитные мероприятия и в агропромышленном комплексе* на загрязнённых радионуклидами территориях включают организацию животноводческого и растениеводческого производства. На первой стадии откорма молодняка животных их выращивают на травянистых и грубых кормах с повышенным содержанием радионуклидов. Заключительный откорм животных проводят в течение 2–3 месяцев перед убоем на чистых кормах или кормах с низким содержанием радиоактивного цезия (кукурузный силос или зеленая масса кукурузы и концентраты).

Организуют отдельный выпас дойных коров, откормочного молодняка и заготовку кормов на основе прогноза загрязнения кормовых культур в зави-

симости от плотности загрязнения почв. Корма разделяют в зависимости от степени их загрязнения радионуклидами для получения различной продукции цельного молока, молока-сырья и мяса

*В растениеводческом производстве* используют типовые схемы севооборота в зависимости от уровня и характера загрязнения почв радионуклидами. Подбираются культуры и сорта *с минимальным накоплением радионуклидов*.

При обработке почвы глубокая мелиоративная вспашка снижает поступление радионуклидов в растения до 5–10 раз. На избыточно увлажняемых почвах применяют периодическое глубокое рыхление или щелевание. Известкование кислых почв снижает поступление стронция-90 из почвы в растения в 1,5-3 раз.

Применение *органических удобрений* уменьшает переход радионуклидов из почвы в растения до 30%. Внесение повышенных доз *калийных удобрений* - уменьшает поступление в растения цезия-137 до 2 раз, а стронция-90 - до 1,5 раза. Уменьшению поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию способствуют и *фосфорные удобрения*. *Химическая защита растений* от вредителей, болезней и сорняков снижает накопление радионуклидов в продукции до 40%.

*Система постоянного мониторинга окружающей среды* в РБ является ведомственной (рис. 4.1.1). В Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды имеется 181 реперная площадка и 19 ландшафтно-геохимических полигонов. На них проводят радиационный мониторинг приземного слоя атмосферы, в том числе измерения мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения на 56 постах, измерения радиоактивных выпадений из атмосферы на 30 постах и радиоактивных аэрозолей – на 6 постах. На гидрологических постах 5 больших и средних рек республики, протекающих на загрязненных радионуклидами территориях, осуществляется мониторинг поверхностных вод.

В 100-километровых зонах Чернобыльской, Смоленской и Ровенской АЭС, а также в 30-километровой зоне Игналинской АЭС радиационный контроль обеспечивают 4 автоматизированные системы контроля радиационной обстановки. На 12 дозиметрических постах, расположенных в этой зоне, измерения проводят круглосуточно, включая выходные и праздничные дни, с интервалом три часа.

Способы защиты от ИИ делят физические и химические, защиту от внешнего облучения и защиту от внутреннего облучения. К *физическим методам защиты* относят защиту временем – чем меньше время пребывания вблизи источника радиации, тем меньше полученная от него доза облучения. Защита расстоянием – интенсивность излучения уменьшается с удалением от компактного источника (пропорционально квадрату расстояния). Если на расстоянии 1 м от источника радиации дозиметр фиксирует 1000 мкР/час, то уже на расстоянии 5 м показания снизятся приблизительно до 40 мкР/час. Экранирование источника излучения – между человеком и источником радиации должно оказаться как можно больше вещества. Чем его больше и чем оно плотнее,

тем большую часть радиации это вещество поглотит. Эти методы получили название аксиомой радиационно безопасности.



Рис. 4.1.1. Система радиационного мониторинга в Республике Беларусь

Кроме них используют: методы дезактивации (удаление радионуклидов) продуктов питания, воды, различных поверхностей; средства защиты органов дыхания (повязки, маски и др.); санитарно-гигиенические мероприятия (умывание, душ, бани и др.); регулярное проветривание и вентиляция помещений, рабочих объемов (уменьшает облучение радоном и продуктами его распада) и уменьшение активности и количества источников ионизирующего излучения.

К методам *химической защиты* от ионизирующего излучения относят использование радиопротекторов (радиозащитных средств), витаминов, микроэлементов лекарственных веществ, обладающих радиозащитным действием и улучшающих функцию организма.

*Радиопротекторы* - это химические препараты, предназначенные для уменьшения воздействия ИИ на организм человека. Различают следующие виды радиопротекторов: 1) Серусодержащие вещества (цистеин, цистеамин, АЭТ). 2) Амины (серотонин, мегафен, аминазин, мексамин и др.). 3) Антибиотики (пенициллин, актиномицин и др.). 4) Фенольные соединения (меланин). Радиопротекторами, применяемым для лучевой терапии, являются цистамин дигидрохлорид (входит в состав аптечки АИ-2), гидрохлогид мексамина в таблетках по 0,05 г препарата и др.

Существует также *биологическая защита*. Она, как и химическая, осуществляется с помощью назначения лекарственных средств. Однако эти вещества, в отличие от радиопротекторов, не обладают специфическим действием, а способны лишь повышать общую сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам, в частности к радиации. Такие вещества называют *адаптогенами*, т.е. веществами, способными вызывать в организме человека неспецифически повышенную сопротивляемость к действию многих

повреждающих агентов. К числу таких средств относят элеутерококк, женьшень, китайский лимонник, витаминно-аминокислотные комплексы и др. К биологической защите следует отнести занятие физкультурой, закаливание, хорошее и полноценное питание.

Обеспечить усиление выведения радионуклидов из организма через кишечник, почки и потовые железы помогают рациональное питание, обильное питье, душ, парилки в банях, активный образ жизни и т.д. Для этого: 1) используют массаж и занятия спортом; 2) моются в бане с парилкой; 3) голодают; 4) принимают мочегонные и желчегонные средства (настои белой ромашки, зверобоя, бессмертника, тысячелистника, мяты, шиповника, укропа, тмина, зеленого чая); 4) употребляют фруктовые соки, чай, компоты; 5) употребляют фрукты, мармелад, т.е. продукты, содержащие пектины, аккумулирующие радионуклиды (яблоки, персики, крыжовник, клюква, слива, черная смородина, клубника, вишня, черешня, цитрусовые) с дальнейшим выводом их из организма; 6) регулярно опорожняют кишечник, для чего включают в рацион питания: хлеб грубого помола, пшено, крупы (гречку, перловую, овсяную), капусту, свеклу, чернослив, отвары семян льна, крапивы, ревеня, чернослива; 7) используют продукты, связывающие радионуклиды (гречка, зерновые, овощи и продукты, содержащие клетчатку; 8) употребляют повышенное количество зеленых овощей, содержащих повышенное количество солей кальция и калия и выводящих из организма цезий-137 и стронций-90; 9) применяют специальные медицинские препараты: для выведения цезия-137 используют гексацианоферрат железа; для выведения стронция-90 применяют хлорид аммония, сульфат бария или фосфат алюминия; для выведения плутония применяют внутривенное введение кальциевой соли с диамином или с триамином; 10) стимулируют лимфатический дренаж лекарственными травами: овсом обыкновенным (семена, овсяные хлопья), листьями черной смородины, подорожником, цветками календулы, кукурузными рыльца.

*Применение принципа конкурентного замещения* объясняется тем, что некоторые радионуклиды по своим химическим свойствам и метаболизму сходны с некоторыми стабильными элементами: цезий с калием и рубидием; стронций с кальцием; плутоний с трехвалентным железом. При этом организм человека усваивает, прежде всего, калий и кальций, а при их дефиците – их радиоактивные конкуренты цезий-137 и стронций-90. Поэтому необходимо больше потреблять продуктов, содержащих калий, рубидий, кальций, железо.

Источниками калия являются (суточная потребность 3 г): курага, урюк, изюм, чернослив, чай, орехи, лимон, фасоль, картофель, пшеница, рожь, редька, овсяная крупа, яблоки, хурма, черешня, томаты, капуста, чеснок, черная смородина, свекла, абрикосы. Содержат калий и продукты животного происхождения – свинина, икра, сливочное масло. Источником рубидия является красный виноград. Источником кальция (суточная потребность 1 г в сутки) являются: творог, сыр, мясо, рыба, яйца, капуста, зеленый лук, бобы, укроп, репа, петрушка, хрен, шпинат, зеленый горошек, яблоки, огурцы, морковь, овсяная крупа, пшеница, апельсины, лимоны, картофель, семечки. Ис-

точником железа (суточная потребность 15–30 мг в сутки) являются: мясо, рыба, яблоки, изюм, салат, черноплодная рябина, зеленый лук, яичный желток. Лучше усваивается железо животного происхождения.

Использую также и такие медицинские препараты, как антагонисты стронция кальция хлорид, кальция альгинат и кальция лактат.

*Употребление продуктов, слабо аккумулирующих радионуклиды:* 1) Культурами слабо накапливающими цезий-137 являются: ячмень, пшеница, овес, томаты, огурцы, морковь, чеснок, лук, свекла, капуста, все фрукты, малина, рябина, белая смородина, крыжовник, земляника. Картофель занимает промежуточное положение по накоплению радионуклидов, но, учитывая, что при приготовлении он очищается от кожуры, можно считать его относительно «чистым». Необходимо только учесть, что при использовании перечисленных культур необходимо их мыть в проточной воде и очищать от земли. 2) Слабо накапливают стронций-90 картофель, томаты, капуста, хрен, редька, ирис.

*Насыщение организма витаминами и микроэлементами.* Для этого употребляют повышенное количество отдельных витаминов: Антиоксидантов: 1) Витамин А – обладает антиоксидантными свойствами, укрепляет кожный покров, защищает от инфекций, помогает освободиться от свободных радикалов воды. Его содержат говяжья печень, сливочное масло, яичный желток, морковь, кукуруза, капуста, тыква, хурма, чеснок, сельдерей, красный сладкий перец, облепиха, петрушка. 2) Витамин С – активизирует процессы кроветворения, обладает антиоксидантным действием, укрепляет надпочечники, повышает иммунитет, выводит из организма свободные радикалы. Его содержат шиповник, черная смородина, сладкий перец, облепиха, черноплодная рябина, цитрусовые, земляника, томаты, капуста, зеленый лук. 3) Витамин Е – помогает избавиться от свободных радикалов, улучшает кровообращение, является антиоксидантом. Его содержат облепиха, кукуруза, бобовые, нерафинированные масла (лучше оливковое), гречка, семечки подсолнуха, орехи, чеснок, лук, яблоки, персики.

Общеукрепляющие витамины: 1) Витамины группы В стимулируют нервную и иммунную системы. Особенно активно помогают противостоять радиации прямо или косвенно витамины В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>. 2) Витамин В<sub>6</sub> – повышает кроветворение и иммунитет. Его содержат зерновые, капуста, морковь, зелень. 3) Витамин В<sub>12</sub> – способствует образованию эритроцитов, помогает работе нервной системы. Его содержат соя и продукты животного происхождения. 4) Витамин РР – улучшает обменные процессы в организме, а следовательно и стимулирует выведение радионуклидов из организма. Его содержат рисовые и пшеничные отруби, сухие дрожжи, печень, почки, сердце.

Важную роль в противостоянии радиации и укреплении здоровья человека играют некоторые *макро- и микроэлементы:* 1) Железо – способствует образованию эритроцитов, блокирует поглощение плутония (продукты, содержащие железо рассмотрены выше). 2) Селен – поглощает радикалы воды в значительных количествах, восстанавливает иммунную систему, снижает частоту опухолей молочной и щитовидной железы. Его содержат рис, ячмень,



овес, зелень, чеснок, мясопродукты, рыба. 3) Сера – повышает сопротивляемость клеток организма к действию радиации, помогает восстанавливаться молекулам ДНК. Ее содержат капуста, петрушка, водяной кресс. 4) Магний – способствует обмену углеводов и белков, а, следовательно, и выведению радионуклидов из организма. Его содержат орехи, бобовые, зерно, морская капуста, листовые овощи, яичный желток, печень, овес. 5) Йод – способствует укреплению иммунной и других систем, нормальной работе щитовидной железы. Его содержат яйца, гречка, морковь, овес, морская капуста, чеснок, фасоль, картофель, клубника, свекла. 6) Фосфор – способствует нормальной работе системы кроветворения, подавляет раковые клетки. Его содержат рыба, яблоки, зеленый горошек, овес, гречка, пшено, мясо, яйца, огурцы, молоко. 7) Калий – не только блокирует цезий-137, но и регулирует деятельность сердца, почек, скелетных мышц, улучшает работу печени (продукты, содержащие калий рассмотрены выше). 8) Натрий – стимулирует активность пищеварительных ферментов, способствует проникновению в клетки аминокислот. Является конкурентом цезия-137. Его содержат соль и некоторые овощи. Примечание: при засолке овощей и мяса натрий вытесняет цезий из продуктов питания. 9) Кальций – не только блокирует стронций-90, но и укрепляет кости, иммунную и кровеносную системы (продукты, содержащие кальций рассмотрены выше). 10) Медь – необходима для нормального функционирования антиоксидантной и иммунной систем организма. Медь содержат свекла, картофель, яблоки, горох, фасоль, орехи, соя, гречка, сыр, печень, рыба, мясо, яйца, печень, молочные продукты. 11) Фосфор – необходим для протекания нормальных процессов обмена в костной ткани, но избыток его тормозит всасывание кальция. 12) Кобальт – необходим для системы кроветворения, входит в состав витамина В<sub>12</sub>. Его содержат щавель, груша, укроп, свекла, зеленый лук, черная смородина, рыба, морковь, клюква, рябина, орехи, горох, фасоль, бобы, сливочное масло, печень, почки.

*Общеукрепляющие организм средства, микроэлементы и витамины* применяют как в виде натуральных продуктов – овощи, фрукты, ягоды, соки, так и в виде аптечных препаратов. Круглогодичное насыщение организма витаминами – самая надежная защита от неблагоприятных последствий облучения.

*Питание должно быть полноценным, достаточным по калорийности, составу белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ.* Организм человека усваивает, прежде всего, стабильные химические элементы и лишь при их дефиците – их радиоактивные конкуренты. Поэтому необходимо больше потреблять продуктов, содержащих калий, рубидий, кальций, фосфаты, железо, физиологическую норму которых следует увеличить. Рекомендуем потреблять с пищей как можно больше йодсодержащих продуктов, пищевых волокон (цельное зерно, овощи, орехи, семена, бобовые), пектины, камедь, лигнины, фитаты, альгинат натрия, серусодержащие аминокислоты (морские овощи, яблоки, белокочанная и цветная капуста), связывающие в кишечнике радионуклиды и выводящие их из организма. Данная рекомендация основана на конкурентных отношениях калия стабильного с

радиоактивным цезием, кальция и фосфора – с радиоактивным стронцием и трехвалентного железа – с плутонием.

*Санитарно-гигиенические мероприятия* включают в себя 1) регулярную влажную уборку помещений; 2) проветривание в летнее время помещения при малых скоростях ветра; 3) в летнее время форточки и окна при сильном ветре необходимо закрывать; 4) пылезащитные сетки на окнах и форточках; 5) полоскание перед приемом пищи горло и рот, мытье руки и лицо с мылом; 6) частое применение душа и бань с парилкой; 7) частую стирку и химчистку и замену верхней одежды; 8) предварительную чистку рабочей одежды и обуви в сельской местности после возвращения с улицы и хранение ее вне жилых помещений; 9) посадку возле домов деревья и кустарники для поглощения пыли; 10) запрещение разжигать костры в лесу и не дышать дымом от них; 11) увлажнение земли на приусадебных и дачных участках, если при работе на них поднимается пыль; 12) частую чистку дома ковров, мебели и др. вещей и предметов, поглощающих пыль; 13) захоронение золы, образующейся после топки печей дровами; 14) частую чистку печных дымоходов в сельской местности; 15) наличие водостоков с крыш домов и места захоронения дождевой воды; 16) использование респираторов, ватно-марлевых повязок, противопылевых масок во время сельскохозяйственных работ для защиты органов дыхания от пыли; 17) использование защитных свойств зданий, сооружений, техники; 18) запрет на потребление воды из незнакомых источников и купание в них; 19) ограничение времени пребывания в лесу; 19) обустройство колодцев в сельской местности; 20) работу в головных уборах и защитной одежде, по окончании всех видов сельскохозяйственных работ принимать душ; 21) проветривание кухни и жилых помещений не менее 5 часов в сутки для удаления радона; 22) удаление радона из воды во время ее кипения открывать на несколько секунд крышку посуды; 23) постоянное соблюдение правил личной гигиены.

В облученном организме наряду с явлениями повреждения и нарушений функций разыгрываются и восстановительные внутри- и межклеточные компенсаторно-приспособительные процессы. Это прежде всего пролиферация клеток, сохранивших свою жизнеспособность, благодаря чему восстанавливается популяция клеток критических органов и их функциональная активность. Резервом пролиферации клеток критических органов и тканей могут быть как непораженные клетки, так и клетки частично обратимо пораженные, восстановившие свою способность к размножению. При этом имеет место репарация как на тканевом, клеточном, так и субклеточном уровнях, важнейшими механизмами которых являются гиперплазия и гипертрофия клеток и клеточных ультраструктур. Восстановление организма после облучения во многом связано с регенерацией сохранившихся жизнеспособных кроветворных полипотентных стволовых клеток. Активная регенерация костного мозга приводит к количественной нормализации его клеточных элементов. При этом увеличение количества клеток происходит тем раньше, чем меньше доза облучения и определяется различиями в сроках восстановления митотической активности. Оптимизации указанного процесса способствуют витами-

низированное и богатое минеральными веществами питание и применение лекарственных трав и средств, обладающих радиозащитным действием и улучшающих функции организма: 1) женьшеня, лимонника, хвоща полевого, земляники, боярышника, крапивы, пустырника и др. стимуляторов сердечно-сосудистой деятельности; 2) золотого корня, элеутерококка, крапивы, подорожника, земляники, одуванчика, иван-чая, шиповника и др. стимуляторов кроветворения; 3) облепихи, подорожника, ромашки аптечной, женьшеня, элеутерококка, золотого корня, аралии, заманихи, медуницы лекарственного, одуванчика, как противолучевых средств; 4) облепихи, шиповника, черной смородины, земляники, одуванчика, крапивы двудомной, спорыша, калины и др. общеукрепляющих средств; 5) подорожника, шалфея, березы, хвоща полевого, зверобоя и др. противомикробных средств.

*Дезактивация* [дез- (де-) + лат. *activus* – действующий, действенный] – комплекс мероприятий по удалению или снижению радиоактивных поверхностных загрязнений с рабочих поверхностей или из какой-либо среды и перевод радионуклидов в форму, удобную для захоронения. Дезактивацию производят химическим, химико-механическим, электро-химическим, паро-эмульсионным или гидродинамическим методом. Цель дезактивации – обезопасить объект или территорию для пребывания там незащищенных от воздействия радиации людей. Способствует удалению радиоактивных веществ из сферы жизнедеятельности человека и снижению уровня радиационного воздействия на человека.

*Дезактивацию территории* проводят путём смывания радиоактивных веществ водой или водным раствором ПАВ поливомоечными машинами; смывания радиоактивных веществ и всасывания их в бункер вакуумной машиной с последующим вывозом и захоронением; снятия верхнего слоя загрязнённого грунта дорожно-строительной техникой, изоляции загрязненной поверхности, с помощью дезактивирующего раствора или пены, при помощи затвердевающих пленок и т.п. и сгребания и сметания радиоактивно-загрязнённого снега машинами, имеющими плужно-щеточное снегоочистительное оборудование.

Способы *дезактивация зданий и сооружений* различные. Они включают в себя смывание радиоактивных веществ струей воды под давлением или водными растворами ПАВ при помощи пожарных машин и мотопомп; разборку крыш и их захоронение; обработку отдельных участков стен обдирочными и абразивными материалами при помощи пескоструйных агрегатов, удаление радиоактивных веществ при помощи промышленных пылесосов и др.

*Дезактивация продуктов питания: мяса* – нарезают мясо на куски и вымочить в течение 10–15 часов, сменяя периодически воду. Затем мясо варят в течение 10 минут и сливают отвар. Радиоактивность мяса уменьшается в 2 раза, а после варки в течение 30–40 минут – в 3–6 раз.

*Свежую рыбу* необходимо очистить от чешуи, удалить внутренности, а у донных рыб и хребет. Затем рыбу разрезать на куски и вымочить в течение 10–15 часов, сменяя периодически воду, количество радионуклидов цезия

уменьшается на 70–75%. При отварах количество радионуклидов в рыбе уменьшается в 2 раза по сравнению с очищенной.

*Молоко* сепарируют, в сыворотке и обрате остается до 90% радионуклидов. Молоко перерабатывают в молочные продукты: в сливках остается 15% цезия и 8% стронция, в твороге обезжиренном – 10% цезия и 12% стронция, в сливочном масле – 2,5% цезия и 1,5% стронция, в топленом масле – 0. Наиболее безопасный способ пить молоко – разбавлять сливки кипяченой водой.

Механически очистить поверхность *овощей* от земли, промыть в теплой проточной воде. Промывка в проточной воде картофеля, томатов, огурцов снижает степень загрязнения радионуклидами в 5–7 раз. У капусты, лука, чеснока удалить верхние наиболее загрязненные листья. Ботву корнеплодов и места прикрепления листьев (венчики) срезать. Удаление кроющих листьев у капусты снижает степень загрязнения радионуклидами в 40 раз, срезание венчика у корнеплода – в 15–20 раз. Более полная дезактивация происходит после варки: картофель – воду сливать трижды после закипания.

*Яблоки и груши* относительно чистые, более загрязнены — *красная и черная смородина*. Ее лучше перерабатывать в сок.

*Грибы* очищают от грязи, промывают холодной водой и режут на кусочки, укладывают в эмалированную кастрюлю, заливают раствором поваренной соли, ставят на огонь и кипятят 10 минут. Раствор сливают, грибы промывают холодной водой, снова заливают водой и кипятят 20 минут. Процедуру повторяют и снова кипятят 20 минут: количество радионуклидов уменьшается в 100–1000 раз.

*Защитные меры в сельскохозяйственном производстве и лесном хозяйстве* являются самым крупным блоком среди методов радиационной безопасности, ограничивающих поступление радионуклидов человеку. Эти меры направлены на обеспечение производства нормативно чистой продукции, как в общественном, так и в частном секторе. *Подбор культур и сортов* растений с минимальным накоплением радионуклидов является наиболее доступным средством снижения поступления радионуклидов из почвы в урожай. Важными мерами являются также *правильная обработка почвы, известкование кислых почв, внесение удобрений, особенно калийных и химическая защита растений*.

На первой стадии откорма молодняк выращивают на травянистых и грубых кормах с повышенным содержанием радионуклидов. Заключительный откорм включает содержание животных в течение 2–3 месяцев перед убоем на чистых кормах или кормах с низким содержанием радиоактивного цезия (кукурузный силос или зеленая масса кукурузы и концентраты). Проводят отдельный выпас дойных коров, откормочного молодняка и заготовка кормов – на основе прогноза загрязнения кормовых культур в зависимости от плотности загрязнения почв. Рассчитывают нормативы предельно допустимого содержания радионуклидов в конкретных кормах для крупного рогатого скота на основе типовых рационов кормления.

*Реабилитация загрязненных территорий и проживающего населения* – создание условий для полноценной жизни и ведение рентабельной хозяйственной деятельности без ограничения по радиационному фактору. В проблеме реабилитации загрязненных территорий переплетаются радиационно-экологические, экономические, демографические и социально-психологические вопросы. Подходы к проведению реабилитационных мероприятий, основаны на анализе затрат и пользы. В основе реабилитации загрязненных почв лежат два основных положения: охрана здоровья человека путем снижения радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции и постепенное возвращение к обычному виду землепользования.

*Социальная защита населения* – это система, призванная обеспечивать определенный уровень благосостояния граждан, которые в силу обстоятельств не могут обеспечивать себя доходами. Проводят ее в соответствии с Законом Республики Беларусь «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий», вступившем в силу 16 июля 2009 г. К пострадавшему от катастрофы на Чернобыльской АЭС и других радиационных аварий относят заболевшие лучевой болезнью, инвалиды, в отношении которых установлена причинная связь инвалидности с аварией, участники ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986–1987 гг. в зоне эвакуации, участники ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской в зонах первоочередного отселения и последующего отселения, проживающие люди на загрязненных территориях выехавшие с загрязненных территорий.

## 4.2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ<sup>38</sup> (2 часа)

**Цель работы.** Изучить возможность защиты от ионизирующего излучения расстоянием и различными экранами.

4.2.1 **Порядок выполнения работы:** 1) Изучить методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь таблицы и заполнить их во время работы с прибором, рассчитать полученные данные и сделать вывод о результатах выполненных измерений.

#### 4.2.2 Методика проведения работы

В лабораторной работе используется радиометр СРП-88П, предназначенный для измерения потока гамма излучения от  $10$  до  $3 \cdot 10^4$  фотонов/с ( $\text{с}^{-1}$ ) с погрешностью  $\pm 10\%$ .

Прибор состоит из сцинтилляционного блока детектирования, преобразующего фотоны  $\gamma$ -излучения в световые вспышки, а затем – в электрические импульсы. Блок детектирования выполнен в виде гильзы диаметром  $40$  мм, длиной  $400$  мм, внутри которой установлены электронные блоки, сцинтилля-

<sup>38</sup> Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С 102–118.

тор-кристалл NaJ (Te) размером 25×40 мм и фотоумножитель. Величина интенсивности потока  $\gamma$ -излучения фиксируется на табло пульта универсального цифрового измерения.

Для проведения лабораторной работы необходимо установить на пульте универсального цифрового измерения переключатели: 1) «Порог» – в положение «Изм.»; 2) «Диапазон» – в положение «0,3».

4.2.2.1 Провести оценку защиты расстоянием путем изменения интенсивности потока  $\gamma$ -излучения в зависимости от расстояния между источником излучения (блоком детектирования) и пультом цифрового измерителя.

Таблица 4.2.1.

**Изменение интенсивности потока излучения от расстояния**

№ замера	$R_i$ в см					
	3	6	11	16	21	25
1						
2						
3						
4						
5						
$N_{cp}$						
$N_R$						
$N_{выч}$						

За начальную точку измерения ( $R_0$ ) принято расстояние, равное 3 см, соответствующее расстоянию, при котором блок детектирования касается пульта измерения. Дальнейший отсчет расстояния (высоты) ведется в соответствии со шкалой, установленной с левой стороны пульта управления ( $R_i = 6, 11, 16, 21$  и 25 см). Интенсивность потока на расстояние, равным 25 см, принимается за естественный фон.

На каждом расстоянии производится пять замеров. Результаты измерений, абсолютные числовые значения (показание прибора 0,821 абсолютное число 821), записывают в табл. 4.2.1.

По результатам измерений потока  $\gamma$ -излучения провести вычисление величин:

$$N_{cp} = \sum N_i / 5$$

$$N_R = N_{cp} - N_{\phi}, \text{ где } N_{\phi} = \text{const} = N_{cp} \text{ при } R = 25 \quad (4.2.1)$$

$$N_{выч} = N_0 (R_0 / R_i)^2, \text{ где } N_0 = \text{const} = N_R \text{ при } R = 3, \text{ а } R_0 = 3 = \text{const}.$$

По результатам расчета построить график и сделать вывод о влиянии расстояния на интенсивность фотонов  $\gamma$ -излучения.

$$N_R \cdot N_{выч} = f(R_i) \quad (4.2.2)$$

4.2.2.2 Провести оценку защиты экраном. Измеряем изменения интенсивности поглощения потока  $\gamma$ -излучения различными материалами.

Установить исследуемый материал (экран) между блоком детектирования и корпусом пульта измерения. Провести три измерения интенсивности фотонов  $\gamma$ -излучения ( $N_i$ ).

Убрать исследуемый материал, не изменяя расстояние между детектором и корпусом пульта измерения. Провести три измерения интенсивности  $\gamma$ -

излучения без материала (экрана). Результаты измерений записать в табл. 4.2.2.

Таблица 4.2.2.

### Результаты измерения

Исследуемые материалы	Интенсивность гамма излучения,								$\delta N$	$d_{1/2}$
	при наличии				без экрана					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_{cp.}$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_{cp.}$		
Бетон $d = \dots$ мм. $\mu = \dots$										
Сталь $d = \dots$ мм. $\mu = \dots$										
Свинец $d = \dots$ мм. $\mu = \dots$										

#### 4.2.2.3. Расчёты результатов выполненных измерений

– Определить количество фотонов, поглощенных 1 мм материала (экрана).

$$\delta N = \frac{N_{cp. безэкрана} - N_{cp. с экраном}}{d \text{ (мм)}}, \quad (4.2.3)$$

где  $d$  – толщина исследуемого материала в мм,  $N_{cp.}$  – без экрана,  $N_{cp.}$  – с экраном. В расчетах используем средние значения интенсивности потока  $\gamma$ -излучения без экрана и с экраном, соответственно.

– Определить толщину половинного ослабления потока  $\gamma$ -излучения исследуемого материала.

$$d_{1/2} = \ln 2 / \mu = 0,693 / \mu, \quad (4.2.4)$$

где  $\mu$  – линейный коэффициент ослабления при энергии гамма, излучения 1,25 МэВ.  $\mu$  равно для бетона –  $0,14 \text{ см}^{-1}$ , стали –  $0,34 \text{ см}^{-1}$  и свинца –  $0,66 \text{ см}^{-1}$

По результатам расчета  $\delta N$  и  $d_{1/2}$  дать заключение об эффективности поглощения (защиты) исследуемых материалов от  $\gamma$ -излучения.

#### 4.2.3 Выводы по выполненной работе.

### 4.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ $\beta$ -АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ<sup>39</sup>

**Цель работы** – ознакомиться с причинами и механизмами загрязнения продуктов питания в нашей республике, оценить пути поступления радионуклидов в организм человека, коэффициентами перехода радионуклидов в продукты питания, изучить схему, принципы устройства  $\beta$ -радиометра РУБ-01П; освоить работу с прибором при определении удельной активности (Бк/кг)  $\beta$ -излучающих радионуклидов в продуктах питания.

<sup>39</sup> Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005. – С 75– 84.

4.3.1 **Порядок выполнения работы:** 1) Изучить настоящие методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь табл. 4.3.1 и заполнить ее во время работы с прибором, рассчитать полученные данные и сделать вывод о результатах выполненных измерений.

#### 4.3.2. Устройство $\beta$ -радиометра РУБ-01П1

$\beta$ -Радиометр РУБ-01П1 предназначен для измерения удельной и объемной активности  $\beta$ -излучающих радионуклидов в пробах пищевых продуктов и др. Применяется он для комплексного санитарно-гигиенического контроля, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Работа  $\beta$ -радиометра основана на использовании сцинтилляционного детектора. Сцинтилляционные детекторы ионизирующих излучений имеют определенное преимущество перед счетчиками Гейгера, т.к. по амплитуде и длительности вспышки можно судить о типе и энергии излучаемой частицы. Важно и то, что сцинтилляционный счетчик имеет значительно большую эффективность, нежели счетчик Гейгера, фиксирующий одну-две частицы из ста в него попавших.

Конструктивно сцинтилляционный счетчик прост. Он состоит из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя. В данном приборе сцинтиллятор наклеивают на катод фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) и все помещают в тщательно изолированный от посторонней подсветки бокс. ФЭУ преобразует световые вспышки в детекторе в импульсы тока.

$\beta$ -Радиометр имеет 2 блока детектирования. В одном из них детектор состоит из 10 сцинтилляционных пластинок, в другом блоке – это сцинтиллирующий слой, нанесенный на оргстекло и закрытый пленкой с отражательным светозащитным покрытием. Детектор производит подсчет световых импульсов, сортировку их по амплитуде, форме и т.п.

Диапазон измерения  $\beta$ -радиометра с блоком детектирования для  $^{137}\text{Cs}$  всех видов материалов составляет  $1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5$  Бк/кг, Бк/л, величина чувствительности  $\beta$ -радиометра (Р) по  $^{137}\text{Cs} = 2,6 \cdot 10^{-4}$  Бк.

4.3.2.1 **Назначение кнопок органов управления:** 1) Кнопка «вкл.» предназначена для включения измерительного устройства.

– Кнопка «экспоз.» служит для установки нужного времени набора информации или режима контроля. 2) Кнопки «пуск» и «стоп» предназначены для управления работой измерительного устройства в режиме набора информации « $\infty$ ». Работа устройства при наборе информации индуцируется светодиодом. Превышение емкости счета индуцирует светодиод. 3) Кнопка «пуск мк» предназначена для отключения пусковой цепи ЭВМ во время набора программы или окончания цикла измерений. 4) Кнопка «N-10» предназначена для пересчета поступающей информации в 10 раз и расширения емкости счета, индикатора. 5) Кнопка «подсвет.» предназначена для кратковременной подсветки индикатора в темное время суток.

<b>ВНИМАНИЕ!</b> Категорически запрещается включать $\beta$ -радиометр при снятой крышке или с открытыми штуцерами (разъемами) на крышке блока детектирования
---



4.3.2.2 **Подготовка прибора к работе:** 1) Перевести кнопочные переключатели, расположенные на передней панели измерительного устройства, в положение «отпущено». 2) Подсоединить измерительное устройство к сети переменного тока. 3) Нажатием кнопки «вкл.» включить питание радиометра (должны гореть светодиоды, «1» и цифры индикатора). 4) Нажать и отпустить кнопку «экспоз.» несколько раз. Последовательно должны загореться и погаснуть светодиоды «1», «10», «100», «1000», «1800», «∞», «К». 5) Кнопкой «экспоз.» добиться индикации «∞» и выдержать радиометр во включенном состоянии 15 мин. 6) Нажатием кнопки «экспоз.» добиться загорания диода «К». В этом режиме на цифровом табло с периодичностью 10 с. должны высвечиваться число «7680±2» и гореть светодиод с одновременной выдачей короткого звукового сигнала. Если число отличается от этого показателя, то прибор считается неисправным.

#### 4.3.2.3 Измерение удельной активности радионуклидов в пробах:

– Нажать и отпустить кнопку «экспоз.» несколько раз и добиться индикации «100», т.е. время одного измерения – 100 с.

– Нажать кнопку «пуск», при этом начнется счет импульсов. Через время индикации  $t$ , указываемое светящимся диодом, прибор издает звуковой сигнал, а на цифровом табло фиксируется число импульсов. Через 3-5 с. происходит автоматический сброс результата и начинается новое измерение. Записать показания индикатора с учетом времени счета в табл. 4.3.1 ( $N_{\phi}$ ).

– Вставить кювету с пробой в блок детектирования. Нажать кнопку «пуск». После звукового сигнала конца измерения записать показания индикатора в табл. 4.3.1 ( $N_{\phi+пр}$ ).

– Повторить действия по пунктам 2 и 3 – 5 раз, каждый раз записывая показания индикатора в табл. 4.3.1.

– Повторить пункты 2–4 для другого объекта контроля.

– Выключить бета-радиометр, переведя кнопку «вкл.» в положение «отпущено». Отключить  $\beta$ -радиометр от сети переменного тока.

– Рассчитать средние значения для  $N_{\phi}$  и  $N_{\phi+пр}$ . Данные занести в таблицу 4.3.1 графы "N $_{\phi}$  ср" и "N $_{\phi+пр}$  ср".

– Вычислить величину удельной активности по формуле:

$$A = \frac{N_{\phi+пр.ср.} - N_{\phi.ср.}}{P \cdot t}, \text{ Бк/кг}$$

где  $P$  – коэффициент чувствительности, равный  $2,6 \cdot 10^{-4}$  (для  $^{137}\text{Cs}$ );  $N_{\phi+пр}$  – показание измерения пробы (число импульсов);  $N_{\phi}$  – показание измерения фона (число импульсов);  $t$  – время в секундах.

Все расчеты проводить с точностью до второго знака после запятой.

4.3.3. **Выводы по выполненной работе** о соответствии измеренной активности проб допустимым значениям, представленным в РДУ-99 (см. табл. 1.4.4).

### Результаты собственных исследований

Название исследуемой пробы	№ измерения	Измерение фона $N_{\phi}$	Измерение пробы $N_{\phi+пр.}$	Среднее значение удельной активности (А), Бк/кг	Допустимое значение активности пробы, Бк/кг	% отклонения от РДУ
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	Среднее значение					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	Среднее значение					

## 4.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОБАХ ГОРНЫХ ПОРОД<sup>40</sup> (2 часа)

**Цель работы** – ознакомиться с устройством современного отечественного радиометра РКГ–АТ 1320 и использованием его для определения удельной активности проб, с удельной активностью радионуклидов в горных породах.

4.4.1. **Порядок выполнения работы:** 1) Изучить методические материалы. 2) Перечертить в тетрадь табл. 4.4.3 и 4.4.4 и заполнить их результатами выполненных измерений.

4.4.2. **Устройство  $\gamma$ -радиометра РКГ-АТ-1320.** Радиометр состоит из блока детектирования (бд), блока защиты (бз), блока обработки информации (бои) и адаптера сетевого (ас).

Блок детектирования представлен сцинтилляционным детектором. Детектор преобразует  $\gamma$ -излучение в световые импульсы, которые в фотоэлектронном умножителе преобразуются в импульсы напряжения.

После усиления и амплитудного анализа импульсы преобразуются в цифровой код и подаются для хранения в запоминающее устройство. Информа-

<sup>40</sup> Приводится в адаптированном виде по: Лабораторные работы для студентов всех специальностей «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / С.В. Дорожко; под ред. И.В. Ролевича – Минск: Изд-во БНТУ, 2005.

ция о спектре радионуклидов после усиления и амплитудного анализа преобразуется в цифровой код и подается для хранения в запоминающее устройство блока информации. Интенсивность спектральных линий соответствует количественному содержанию радионуклида в пробе. Положение же спектра соответствует «энергетическому окну» (табл. 4.4.1) одного из четырех определяемых изотопов (антропогенного радионуклида чернобыльского происхождения –  $^{137}\text{Cs}$  и естественных изотопов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ). Радиометр накапливает и хранит амплитудные спектры.

Изучение спектра  $\gamma$ -излучения позволяет определить, какие изотопы обнаружены в пробе и получить дополнительную информацию об удельной активности проб.

Таблица 4.4.1.

#### Энергетические окна (каналы) радиометра

Энергетический диапазон $\gamma$ -излучения	Энергетические окна (каналы)
$^{137}\text{Cs}$ – 0,66 (0,15-0,9) МэВ	96 - 122
$^{40}\text{K}$ – 1,46 (0,9 – 1,6) МэВ	208 – 248
$^{226}\text{Ra}$ – 2,44 МэВ	256 – 300
$^{232}\text{Th}$ – 2,6 МэВ	380 - 420

Обратите внимание на назначение кнопок блока обработки информации (табл. 4.4.2).

Режим работы «меню» содержит четыре варианта:

**1 вариант. Режим «изм.» (измерение)** имеет 4 функции: 1) **Набор** – дублирует кнопку набор; 2) **Прод.** – продолжение измерения, для чего необходимо задать новое время набора; 3) **Пров.** – проверка (при необходимости) сохранности градуировки радиометра от контрольной пробы; 4) **Кон. ф.** – оперативный контроль фона.

**2 вариант. Режим «спек.» (спектр)** имеет 5 функций: 1) **Чтение** – чтение спектра, записанного в памяти прибора. Для чтения необходимо ввести его номер и нажать «ввод». 2) **Запись** – запись спектра в памяти. Необходимо присвоить ему номер (от 1 до 299) и нажать «ввод». 3) **Зап. фон** – запись рабочего фона для сосуда, заданного при наборе. 4) **З. кон. фон** – запись контрольного фона. 5) **Информ.** – информация о спектре (время набора, время записи, масса, геометрию измерения).

**3 вариант. Режим «обр.» (обработка)** имеет 3 функции: 1) **Активн.** – выбор состава измеряемых нуклидов в пробе: а) Cs + K. б) Ерн – естественные радионуклиды, т.е.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и расчет их удельной активности  $A_m$ . в) Ерн + Cs – определение  $A_{эфф.}$  г)  $^{137}\text{Cs}$ . 2) **Выч. ф.** – (вычитание фона) из спектров от 1 до 299 хранящихся в памяти. 3) **Слож. ф.** – (сложение фонов) позволяет к измеряемому спектру добавить фоновый или другой спектр, находящийся в памяти.

**4 вариант. Режим «наст.» (настройки)** имеет 3 функции: 1) **Дата** – установка даты и времени. 2) **Контр.** – (контрастность) для установки контрастности изображения стрелками  $\uparrow$  или уменьшение  $\downarrow$ . 3) **Прибор** – информация о данном приборе.

Таблица 4.4.2.

### Назначение кнопок прибора

Наименование кнопок	Назначение кнопок управления
<b>Набор</b>	Ввод параметров измерения (время, масса пробы, геометрия сосуда). Дублирует функцию набора спектра в режиме «Измерение».
<b>Стоп</b>	Остановка набора спектра.
<b>Пуск</b>	Продолжение набора спектра после остановки.
<b>Актив</b>	Определение удельной активности $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ . Определение объемной активности $A_V$ : нажать дважды.
<b>Ввод</b>	После набора заданных параметров измерения. Работа в режиме «МЕНЮ». Выбор состава нуклидов. Возврат в предыдущее состояние. Работа со спектрами (расширение $\rightarrow$ , $\leftarrow$ , логар., интегр.).
<b>Меню</b> а) $\uparrow$ или $\downarrow$ б) $\rightarrow$ или $\leftarrow$	Определение $^{241}\text{Am}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ в режиме «обр.». Выбор режима для работы со спектрами. Работа со спектрами: а) изменение вертикального масштаба спектра. Возврат в исходное состояние - нажать кнопку «Ввод». б) увеличение или уменьшение масштаба определенной области спектра с помощью кнопок «РАСШ.» и «ВВОД».

Выбор режима и функций осуществляются с помощью кнопок со стрелками и нажатием кнопки «ВВОД».

**ВНИМАНИЕ!**  $\gamma$ -радиометр РКГ АТ1320 использует контрольную пробу для проверки сохранности градуировки и стабилизации энергетической шкалы радиометра при проверке его работоспособности. Работа с данной пробой не требует специальных мер радиационной защиты и контроля.

#### 4.4.3 Порядок выполнения работы

1) *Контроль работоспособности прибора.* Нажать кнопку «вкл.». На экране в течение несколько секунд будет видна надпись «АТОМТЕХ», а затем появится сообщение:

Прогрев прибора  
Осталось 9:28  
Установить контрольную пробу  
Меню - прервать

Установите *контрольную пробу* в блок защиты и закройте крышку.

Прогрев и проверка работоспособности радиометра продолжается 10 минут. По окончании *прогрева* автоматически производится *проверка сохранно-*

сти градуировки прибора. На экране высвечивается табло и звучит звуковой сигнал.

Проверка	
Скорость счета имп/с	
27±2,7	28
Центр пика, канал	
236±4,6	235,3
Меню - прервать	

Значения в левых окнах – нормируемые, в правых – текущие данные. Если положение центра пика соответствует нормируемому значению – появляется сообщение: «**Проверка завершена**». Если положение центра пика не соответствует нормируемому значению, радиометр *автоматически* повторяет проверку.

2) *Оперативный контроль радиационного фона* проводится следующим образом: а) Извлечь контрольную пробу из блока защиты и поместить в него пустой измерительный сосуд. б) Войти в меню нажатием «меню» в режиме «изм.» (измерение), выбрать функцию «кон. ф.» (контроль фона) и нажать кнопку «ввод». в) Через 150 с прозвучит сигнал и появится информация о скорости счёта фона ( $N_{\phi} \approx 20,37$  имп./с) и сообщение «фон в норме».

Положительный результат оперативного контроля фона с размещенным в блоке защиты пустым измерительным сосудом свидетельствует о радиационной чистоте сосуда.

В том случае, если появится сообщение «фон не в норме» – следует повторить контроль фона. Для этого необходимо войти в меню нажатием кнопки «меню» в режиме «изм.» (измерение), выбрать функцию «кон. ф.» (оперативный контроль фона) нажатием кнопки «ввод». Через 300 с появится сообщение «фон в норме».

3) *Измерение удельной активности пробы*. Для измерения необходимо: а) нажать кнопку «меню» в режиме «изм.» (измерение), выбрать функцию «набор». б) Нажать кнопку «ввод» и ввести массу пробы в граммах, время измерения 600 с (300 с), геометрию (объем) сосуда. б) загрузить пробу, закрыть крышку блока защиты и нажать кнопку «ввод».

4) *Определение типа изотопа в пробе*. На экране отображается изображение измеряемого спектра радионуклида, время измерения, дата проведения измерения, номер канала, температура в блоке детектирования и др. Отображаемое на экране изображение спектра пробы обрабатывается с помощью маркера по энергетическим шкалам и соответствующей им энергии  $\gamma$ -излучателей. По величине энергии  $\gamma$ -излучателей можно определить какие изотопы обнаружены в пробе. Для этого необходимо воспользоваться дан-

ными энергетического окна (см. табл. 4.4.1). Результаты спектрального анализа записать в табл. 4.4.3.

Таблица 4.4.3.

### Результаты спектрального анализа

Наименование пробы	Номер пика	Номер канала	Энергия спектра МэВ	Тип изотопа обнаруженного в пробе
Контроль				
Проба №1				
Проба №2				
Проба №3				

После завершения измерения подается звуковой сигнал.

5) *Обработка результатов измерений.* Для определения удельной активности  $A_m$  природных изотопов (**ерн**) и  $^{137}\text{Cs}$  необходимо дважды нажать кнопку «меню», войти в режим «обр.» (обработки), выбрать функцию «активн.» и нажать кнопку «ввод». На табло появится сообщение:

Нажатием кнопки «→» выбрать состав нуклидов в пробе в следующей последовательности: **а) Cs+K; б) Ерн** (естественные радионуклиды);

в) Ерн + Cs. Выбор нуклидов	
Маринелли 1л	
Состав нуклидов	Cs+K
Ввод - активность	

После нажатия кнопки «ввод» появится сообщение «Идет расчет». Затем появляется таблица с результатами измерений удельной активности выбранного состава нуклидов.

Для получения значения удельной эффективной активности измеренных радионуклидов  $A_{эфф}$  необходимо дважды нажать на кнопку «ввод» в режиме **ерн+ Cs**.

Возврат в исходное состояние меню происходит после нажатия кнопки «ввод».

Для определения удельной активности ( $A_m$ ) с учетом результирующей погрешности измерений необходимо нажать кнопку «тест».

Полученные результаты необходимо занести в табл. 4.4.4.

Таблица 4.4.4.

### Результаты измерений удельной активности (Бк/кг) проб

Наименование пробы	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$A_{эфф}$ Бк/кг

Три раза нажать на кнопки «вкл., откл.» и выключить прибор.

#### 4.4.4. Выводы по выполненной работе

По значению  $A_{эфф}$  следует сделать вывод о соответствии полученных результатов существующим нормам (табл. 4.4.5).

**Нормативы на удельную эффективную активность горных пород, используемых в строительстве**

<b>Класс материала</b>	<b>Суммарная удельная активность <math>A_{эфф}</math>, Бк/кг</b>	<b>Возможные виды строительства</b>
I	< 370	Используют для строительства жилье и общественных зданий и всех видов строительства без ограничений.
II	< 740	Используют в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений, внутри помещений нежилых и общественных зданиях, для наружной облицовки жилых и промышленных зданий.
III	< 1350	Используют в дорожном строительстве вне населенных пунктов, в пределах населенных пунктов – строительство подземных сооружений, покрытых грунтом толщиной более 0,5 м, где исключено пребывание людей.
IV	< 3700	Используют в строительстве основания дорог, плотин и прочее вне населенных пунктов при условии низкоактивных материалов толщиной более 0,5 м.
V	> 3700	Не должны использоваться для строительства. Их сохраняют.

#### 4.5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ<sup>41</sup> (2 часа)

**Цель работы** – научиться решать типовые задачи по расчету основных характеристик радиационных излучений и выбору отдельных физических способов радиационной защиты. Углубить теоретические знания по темам: явление радиоактивности, основному закону радиоактивного распада, по защите от радиационных излучений на территории РБ.

**4.5.1 Порядок выполнения работы:** 1) Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 4.5.1. Номер варианта соответствует порядковому номеру

<sup>41</sup> Приводится адаптированная к учебному комплексу методика, разработанная Бубновым В.П., Пустовитом В.Т. и опубликованная в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность». Оценка радиационной опасности и способов противорадиационной защиты. / ч 3. Минск: Изд-во БНТУ С. 28 – 45.

фамилии студента в журнале учета занятий. 2) Приступить к выполнению работы согласно ниже приведенной методики.

Таблица 4.5.1.

### Исходные данные для решения задач

Номер варианта	Задача 1	Задача 2			Задача 3	Задача 4	Задача 5	Задача 6	
	m, г	A <sub>1</sub> , Ки	A <sub>2</sub> , Ки	A <sub>3</sub> , Ки	A <sub>s</sub> , Ки/км <sup>2</sup>	A <sub>m</sub> , Ки/кг	K	A <sub>0s</sub> , Ки/км <sup>2</sup>	A <sub>s</sub> , Ки/км <sup>2</sup>
1	5	2	2	0,5	2	1·10 <sup>-8</sup>	0,01	8	1
2	3	5	0,5	0,2	3	1·10 <sup>-9</sup>	0,2	7	1
3	4	8	2,3	1,5	4	2·10 <sup>-8</sup>	0,03	4	1
4	9	2	1	8	6	3,2·10 <sup>-9</sup>	0,3	6	1
5	8	6	4,5	0,05	7	5·10 <sup>-6</sup>	0,02	25	1
6	7	12	1,5	0,9	3,5	6·10 <sup>-7</sup>	0,04	25	5
7	12	20	0,7	1,2	2,25	3·10 <sup>-8</sup>	0,02	30	1
8	6	13	0,9	1	15	2,7·10 <sup>-9</sup>	0,01	30	5
9	13	10	1,2	0,7	25	4·10 <sup>-8</sup>	0,03	5	1
10	10	25	8	7	11	3,5·10 <sup>-9</sup>	0,12	16	1
11	11	11	8,5	9	21	2,7·10 <sup>-9</sup>	0,15	17	1
12	15	7	7,5	5	13	5·10 <sup>-8</sup>	0,01	18	5
13	20	3	6	7,5	7,5	6·10 <sup>-8</sup>	0,03	20	5
14	25	18	5	5,5	40	1·10 <sup>-6</sup>	0,02	32	1
15	14	4	5,5	9,3	30	3·10 <sup>-7</sup>	0,01	32	5
16	17	22	7	7,8	5	9·10 <sup>-6</sup>	0,09	10	1
17	22	40	8,7	3	5,5	8·10 <sup>-6</sup>	0,07	20	1
18	25	15	12	4	8	2,5·10 <sup>-9</sup>	0,3	15	1
19	16	16	13	3,5	9	7,5·10 <sup>-6</sup>	0,2	15	5
20	24	30	9,5	8,9	10	6,5·10 <sup>-8</sup>	0,24	64	1
21	21	60	1,25	6	12	5·10 <sup>-7</sup>	0,01	9	1
22	23	17	5,7	6,5	13	8,5·10 <sup>-6</sup>	0,12	36	5
23	30	21	6,5	10	14	3,5·10 <sup>-6</sup>	0,08	20	3
24	35	24	6,7	11	16	9·10 <sup>-7</sup>	0,07	20	2
25	33	23	11	12	25	2,8·10 <sup>-9</sup>	0,1	45	1
26	32	27	11,5	4,5	20	2,5·10 <sup>-6</sup>	0,2	40	2
27	34	14	3	7,3	17	3,3·10 <sup>-9</sup>	0,25	32	2
28	40	26	3,5	6,6	18	3,7·10 <sup>-7</sup>	0,1	64	2
29	45	28	4	7,7	19	5,5·10 <sup>-8</sup>	0,15	42	1
30	50	33	4,8	10,5	28	5,5·10 <sup>-9</sup>	0,2	36	1

### 4.5.2 Практическая часть работы

**Задача 1.** Уяснение сущности принятых единиц активности радионуклидов (табл. 4.5.1). В радиоизотопной лаборатории предприятия имеется m грамм радия-226. Какая активность этого радия в Ки и Бк?

**Задача 2.** Оценка соответствия массы радиоактивного вещества его уровню активности. Какая масса соответствует активности A<sub>1</sub> (цезия-137), A<sub>2</sub> (стронция-90), A<sub>3</sub> (плутония-239)?

Использовать формулу:  $m = a_2 \cdot M \cdot A \cdot T = 2,8 \cdot 10^{-6} M \cdot A \cdot T$

В этой формуле  $a_2 = 2,8 \cdot 10^{-6}$  Период полураспада T: цезия-137 – 30 лет, стронция-90 – 29 лет, плутония-239 – 24063 года; M – массовое число (суммарное количество протонов и нейтронов в ядре).

**Задача 3.** Пересчет поверхностной радиоактивности почв РБ в удельную активность.



Таблица 4.5.2.

## Исходные данные для решения задач

Номер варианта	Задача 7		Задача 8		Задача 9	
	$A_{0s},$ Ки/км <sup>2</sup>	t, лет	x, см	$\mu, \text{см}^{-1}$	x, см	$\mu, \text{см}^{-1}$
1	0,5	500	0,2	0,439	10	0,129
2	0,3	700	0,2	0,348	20	0,129
3	1,5	1000	0,2	0,257	30	0,129
4	1	5000	0,2	0,194	40	0,129
5	2	5000	0,3	0,439	10	0,0825
6	0,4	500	0,3	0,348	50	0,0825
7	0,2	3000	0,3	0,257	20	0,0825
8	0,3	300	0,3	0,194	30	0,0825
9	0,6	3000	0,4	0,348	40	0,0825
10	0,9	500	0,4	0,439	10	0,0738
11	0,7	2000	0,4	0,157	20	0,0738
12	1,2	1000	0,4	0,257	30	0,0738
13	0,1	200	0,5	0,439	40	0,0738
14	3	500	0,5	0,348	50	0,0738
15	4	800	0,5	0,257	10	0,0543
16	5	700	0,5	0,157	20	0,0543
17	4,5	1500	0,2	0,292	30	0,0543
18	3,5	3500	0,5	0,292	40	0,0543
19	0,7	600	0,3	0,292	50	0,0543
20	1,5	1500	0,4	0,292	10	0,113
21	0,9	700	0,2	0,427	20	0,113
22	0,7	800	0,3	0,427	30	0,113
23	3,5	2000	0,4	0,427	40	0,113
24	1,7	2500	0,5	0,427	50	0,113
25	0,5	1000	0,7	0,348	10	0,0646
26	0,6	1500	0,6	0,348	20	0,0646
27	2,5	2500	0,6	0,439	30	0,0646
28	3	1000	0,6	0,439	40	0,0646
29	4	2000	0,6	0,257	50	0,0646
30	5	3000	0,6	0,257	10	0,0473

Пересчитать  $A_s$  [Ки/км<sup>2</sup>] в Ки/кг и Бк/кг?

Формула пересчета:

$$A_m = 5 \cdot 10^{-3} A_s \text{ — для почв Республики Беларусь;}$$

где  $[A_s]$  – Ки/м<sup>2</sup> или Бк/м<sup>2</sup>.

Тогда

$$A_m = A_s \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ Ки/кг.}$$

При  $A_s$  [Ки/км<sup>2</sup>] =  $A_s \cdot 10^{-6}$  Ки/м<sup>2</sup>;

или

$$A_m = A_s \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк/кг,}$$

учитывая что  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

**Задача 4.** Пересчет удельной радиоактивности почв РБ в поверхностную радиоактивность.

Пересчитать  $A_m$  [Ки/кг] в  $A_s$  [Ки/км<sup>2</sup>]?

$$A_s \text{ [Ки/км}^2\text{]} = A_m \text{ [Ки/кг]} \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ Ки/км}^2$$

**Задача 5.** Оценка степени опасности для здоровья продуктов растениеводства, выращенных на радиоактивной почве.

Местность загрязнена радионуклидами с активностью  $A_s$  [Ки/км<sup>2</sup>]. Оценить возможность использования овощей, выращенных на данной почве, если коэффициент перехода радионуклидов из почвы в овощи составляет  $K$ ?

Используются результаты решения задачи 3, которые умножаются на  $K$  и сравниваются с РДУ-99 (для овощей допустимый уровень 100 Бк/кг). Предложить способ дезактивации.

**Задача 6.** Прогнозирование времени спада поверхностной радиоактивности территории до заданной величины.

Местность загрязнена аэрозолями **цезия-137** с активностью  $A_{0s}$ . Через сколько лет  $t$  она уменьшится до величины  $A_s$ ?

Использовать для расчета формулу основного закона радиоактивного распада и табл. 4.5.3.

Из формулы  $A_s = A_{0s}/2^{t/T}$  определить величину  $t$ . Период полураспада  $T$  цезия-137 – 30 лет.

**Задача 7.** Прогнозирование поверхностной радиоактивности почвы через заданное время (табл. 4.5.2). Участок местности загрязнен плутонием-239 с активностью  $A_{0s}$ . Какая активность будет через  $t$  лет?  $A_s = A_{0s}/2^{t/T}$ . Период полураспада плутония  $T$  – 24063 г.

**Задача 8.** Оценка возможности защиты людей от  $\gamma$ -излучения экраном из стекла. Во сколько раз ослабляет  $\gamma$ -излучение стекло, которое имеет толщину  $x$ , а линейный коэффициент ослабления  $\mu$ , см<sup>-1</sup>. Надежно ли защищает стекло человека от  $\gamma$ -излучения?

Величины  $\mu$  приведены в таблице 1 для энергий  $\gamma$ -квантов в диапазоне от 1 до 6 МэВ, т.е. выбраны максимальные величины. Использовать формулу для расчета:

$$K_{\text{осл}} = 2^{x/d},$$

где  $d$  – толщина слоя половинного ослабления;  $d = 0,693/\mu$ .

Таблица 4.5.3.

## Исходные данные для решения задач

Номер варианта	Задача 10		Задача 11		Задача 12		
	$E_{\beta}$ , МэВ	$\rho_{с,}$ г/см <sup>3</sup>	$E_{\beta}$ , МэВ	$\rho_{с,}$ г/см <sup>3</sup>	$X_{дл}$ , бэр	R, см	A, МКи
1	0,18	6,4	0,18	2,05	2	50	5
2	0,22	6,4	0,22	1,78	5	60	12
3	0,5	6,6	0,5	1,90	2	70	15
4	0,7	6,6	0,7	2,16	5	100	10
5	0,523	6,4	0,523	2,05	2	80	9
6	0,19	6,5	0,19	1,78	5	30	2
7	0,2	6,4	0,2	1,90	2	200	12
8	0,016	6,6	0,016	2,16	5	40	10
9	0,1	6,2	0,1	2,05	2	60	8
10	1,02	6,4	1,02	1,78	5	50	15
11	0,54	6,3	0,54	2,16	2	150	7
12	0,85	6,4	0,85	1,90	5	150	12
13	0,3	6,4	0,3	2,05	2	70	5
14	0,41	6,6	0,41	1,78	5	80	10
15	0,32	6,6	0,32	1,90	2	160	10
16	0,12	6,4	0,12	2,16	5	130	12
17	0,43	6,2	0,43	2,05	2	100	2
18	0,57	6,4	0,57	1,78	5	40	4
19	1,2	6,2	1,2	1,90	2	90	4
20	0,09	6,4	0,09	2,16	5	150	10
21	0,27	6,2	0,27	2,05	2	30	1
22	0,37	6,4	0,37	1,78	5	90	3
23	0,19	6,6	0,19	1,90	2	100	4
24	1,12	6,2	1,12	2,16	5	20	2
25	0,08	6,2	0,08	2,05	2	90	3
26	1,33	6,4	1,33	1,78	5	130	6
27	0,61	6,6	0,61	1,90	2	150	8
28	0,37	6,4	0,37	2,16	5	200	20
29	0,25	6,4	0,25	2,05	2	180	12
30	0,5	6,6	0,5	1,78	5	300	17

**Задача 9.** Оценка возможности защиты людей от  $\gamma$ -излучения в зданиях, построенных из кирпича.

Во сколько раз ослабляется  $\gamma$ -излучение кирпичной кладкой толщиной  $x$ , если линейный коэффициент  $\mu$   $\gamma$ -излучения для силикатного и огнеупорного кирпича приведен для энергий гамма-квантов в диапазоне от 1 до 6 МэВ.

Использовать формулу для расчета:  $K_{осл} = 2^{x/d}$ , где  $d$  – толщина слоя половинного ослабления;  $d = 0,693/\mu$ .

**Задача 10.** Оценка возможности защиты людей от  $\beta$ -излучения экраном из стекла (табл. 4.5.3).

Определить глубину проникновения  $\beta$ -частиц в стекле, если известна энергия  $\beta$ -частиц  $E_\beta$  и плотность среды  $\rho_{\text{сп}}$  (стекла  $\rho_c$ )?

Использовать соотношение:

$$R_{\text{сп}}/R_{\text{возд}} = \rho_{\text{возд}}/\rho_{\text{сп}}; R_{\text{возд}} = 450E_\beta.$$

В формуле  $R_{\text{сп}}$  – длина пробега (в сантиметрах)  $\beta$ -частиц в среде (в данной задаче – в стекле);  $R_{\text{возд}}$  – длина пробега (в сантиметрах)  $\beta$ -частиц в воздухе;  $\rho_{\text{возд}}$  – плотность воздуха;  $\rho_{\text{возд}} = 0,0013 \text{ г/см}^3$ .

Таблицы 4.5.4.

Номер варианта	Задача 13			Задача 14		
	A, мКи	t, ч	$X_{\text{дл}},$ бэр	R, см	$X_{\text{дл}},$ бэр	t, ч
1	5	250	2	300	5	8000
2	12	500	5	180	2	1700
3	15	200	2	200	5	3000
4	10	600	5	150	2	1700
5	9	400	2	130	5	4000
6	2	700	5	100	2	5500
7	12	2000	2	20	5	1000
8	10	250	5	160	2	1500
9	8	280	2	90	5	4000
10	15	260	5	30	2	550
11	7	2000	2	150	5	3500
12	2	3000	5	90	2	1250
13	5	600	2	40	5	600
14	10	1000	5	100	2	3000
15	10	1600	2	130	5	2000
16	11	2000	5	160	2	1600
17	2	3000	2	80	5	1000
18	4	600	5	70	2	600
19	4	1200	2	150	5	3000
20	10	3500	5	150	2	2000
21	1	550	2	50	5	250
22	3	4000	5	60	2	280
23	4	1500	2	40	5	250
24	2	1000	5	200	2	2000
25	3	5500	2	30	5	700
26	6	4300	5	80	2	450
27	8	7000	2	100	5	600
28	20	3000	5	70	2	200
29	12	1600	2	60	5	460
30	16	8000	5	50	2	250

**Задача 11.** Оценка возможности защиты от  $\beta$ -излучения в зданиях, построенных из кирпича.

Определить глубину проникновения  $\beta$ -излучения в кирпичной кладке, если известна энергия  $\beta$ -частиц  $E_\beta$  и плотность кирпича  $\rho_k$ ? Использовать соотношение:

$$R_{\text{сп}}/R_{\text{возд}} = \rho_{\text{возд}}/\rho_{\text{сп}}$$

где  $R_{\text{возд}} = 450E_{\beta}$ ;  $E_{\beta}$  – энергия  $\beta$ -частиц;  $R_{\text{ср}}$  – длина пробега (в сантиметрах)  $\beta$ -частиц в кирпичной кладке;  $R_{\text{возд}}$  – длина пробега (в сантиметрах)  $\beta$ -частиц в воздухе;  $\rho_{\text{возд}}$  – плотность воздуха;  $\rho_{\text{возд}} = 0,0013 \text{ г/см}^3$ .

**Задача 12.** Защита людей от  $\gamma$ -излучения временем облучения.

Рассчитать безопасное время работы на расстоянии  $R$ , см от источника цезия-137 активностью  $A$ , мКи? Использовать соотношение:

$$t_{\text{дв}} = \frac{X_{\text{дд}} \cdot R^2}{A \cdot \Gamma}$$

В этой формуле:  $t_{\text{дв}}$  – допустимое время работы, ч;  $X_{\text{дд}}$  – допустимая экспозиционная (эквивалентная) доза, бэр;  $\Gamma$  –  $\gamma$ -постоянная; Для цезия-137  $\Gamma = 3,24 (P \cdot \text{см}^2) / (\text{ч мКи})$ .

**Задача 13.** Защита от  $\gamma$ -облучения расстоянием (табл. 4.5.4).

Рассчитать безопасное расстояние  $R$ , см работы с источником кобальта-60 с активностью  $A$ , мКи? Использовать соотношение:

$$R^2 = \frac{A \cdot \Gamma \cdot t}{X_{\text{дд}}}$$

Для определения  $R$  необходимо из правой части уравнения извлечь квадратный корень. В этой формуле:  $\Gamma$  –  $\gamma$ -постоянная для кобальта-60;  $\Gamma = 13,85 (P \cdot \text{см}^2) / (\text{ч мКи})$ ;  $t$  – время работы, в часах, за 1 год.

**Задача 14.** Защита применением минимальной массы радионуклида.

Рассчитать количество радиоизотопа радия-226, обеспечивающего безопасную работу с ним в течении года на расстоянии  $R$ , см?

Использовать для расчета допустимой активности соотношение:

$$A = \frac{X_{\text{дд}} \cdot R^2}{\Gamma \cdot t}$$

В этой формуле  $\Gamma = 9,03 (P \cdot \text{см}^2) / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$ . Для расчета допустимой массы использовать формулу:

$$m = a_2 \text{ МАТ} = 7,56 \cdot 10^{-17} \text{ М} \cdot \text{А} \cdot \text{Т}.$$

1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Период полураспада  $T$  радия-226 – 1600 лет.

#### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 4

1. Какие мероприятия обеспечивают безопасное проживание населения на радиоактивно загрязненной территории?
2. Что называют эвакуацией и отселением?
3. Какую медицинскую помощь получили пострадавшие?
4. Какие защитные мероприятия проводят в агропромышленном комплексе?
5. Какаю структуру имеет система радиационного мониторинга и контроля продуктов питания в РБ?

6. Как классифицируют способы защиты от ионизирующего облучения?
7. Какие физические, химические и другие способы защиты человека от облучения вам известны?
8. Какие радиопротекторы существуют?
9. Как обеспечить ускоренное выведение радионуклидов из организма?
10. Что лежит в основе применение принципа конкурентного замещения и как ее проводят?
11. Какие продукты слабо аккумулируют радионуклиды?
12. Какими витаминами и микроэлементами следует насыщать организм после облучения?
13. Какие санитарно-гигиенические мероприятия следует использовать жителям загрязненных радионуклидами территорий?
14. Что называют рациональным питанием?
15. Какие мероприятия повышают адаптационно-компенсаторные возможности организма человека?
16. Как дезактивируют территорию, объекты и технику?
17. Как организуют агропромышленное производство в условиях радиоактивного загрязнения территории?
18. Какие агротехнические, агрохимические мероприятия и технологические приемы существуют для снижения уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции?
19. Какие применяют меры социальной защиты пострадавших?

## ГЛОССАРИЙ

**Авария** – нарушение эксплуатации ядерной установки (например, атомной станции), при котором происходит выход радиоактивных материалов и/или ионизирующих излучений в количествах, приводящих к значительному облучению персонала, населения и окружающей среды.

**Активность** – мера радиоактивности. Определяет количество атомных ядер, распадающихся за одну секунду, или число актов распада в секунду (скорость радиоактивного распада). Измеряется в Беккерелях (Бк) - система СИ, либо Кюри (Ки) - внесистемная единица.

**Активность радиоактивного вещества объемная** – отношение активности радиоактивного вещества к объему этого вещества. Единицей объемной активности радиоактивного вещества является Бк/куб. м.

**Активность радиоактивного вещества удельная** – отношение активности радиоактивного вещества к массе этого вещества. Единицей удельной активности радиоактивного вещества является Бк/кг.

**Альфа распад ( $\alpha$ -распад)** – самопроизвольный распад атомных ядер некоторых элементов, сопровождающихся испусканием  $\alpha$ -частиц ( ${}^4_2\text{He}$ ).

**Альфа-частицы ( $\alpha$ -частицы)** – частицы, выделяемые из ядра атома. Они состоят из 2 протонов и 2 нейтронов и идентичны ядру атома гелия. Положительно заряжены, относительно тяжелые, плохо проникают в ткани. Мало вредоносны при наружном воздействии, но очень опасны при поступлении внутрь организма.

**Ампер на килограмм** – единица мощности экспозиционной дозы излучения; мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений, при которой за время 1 с сухому атмосферному воздуху передается экспозиционная доза излучения 1 Кл/кг.

**Аннигиляция** - взаимодействие элементарной частицы и античастицы, в результате которого они исчезают, а их энергия превращается в электромагнитное излучение.

**Античастица** – элементарная частица, идентичная по массе, времени жизни и другим внутренним характеристикам ее частице - "двойнику" (нормальной частице), но отличающаяся от нее знаком электрического заряда, магнитного момента и некоторыми другими характеристиками. Все элементарные частицы имеют свои античастицы. Например, электрон-позитрон, протон-антипротон и т.д. При столкновении частицы и античастицы происходит их аннигиляция.

**Атом** – наименьшая частица химического элемента, сохраняющая его свойств. Состоит из атомного ядра и электронной оболочки, в которой на определенных энергетических уровнях располагаются электроны. Общее число электронов равно порядковому номеру в периодической системе Д.И. Менделеева.

**Атомная масса** – масса атома химического элемента, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.). За 1 а.е.м. принята 1/12 часть массы изотопа уг-

лерода с атомной массой 12.  $1 \text{ а.е.м.} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Атомная масса складывается из масс всех протонов и нейтронов в данном атоме.

**Атомная единица энергии** – энергия, соответствующая одной атомной единице массы.  $1 \text{ а.е.м.} = 931.5016 \text{ МэВ}$ .

**Атомное ядро** – положительно заряженная центральная часть атома, вокруг которой вращаются электроны и в которой сосредоточена практически вся масса атома. Состоит из протонов и нейтронов. Заряд ядра определяется суммарным зарядом протонов в ядре и соответствует атомному номеру химического элемента в периодической системе элементов.

**АЭС** – атомная электростанция, предназначенная для производства электрической энергии.

**Беккерель (Бк)** – 1 распад в секунду.  $1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад в секунду}$ .

**Бета - распад (β-распад)** – самопроизвольные превращения атомных ядер некоторых элементов, сопровождающиеся испусканием электрона и антинейтрона (или позитрона и нейтрона).

**Бета - частицы (β-частицы)** – частицы с высокой скоростью распространения, идентичные электрону и позитрону, испускаемые ядром атома.

**Биологический эквивалент рада (бэр)** – внесистемная единица эквивалентной дозы излучения.  $1 \text{ бэр} = \text{доза любого вида ионизирующего излучения, производящая такое же биологическое действие, как и поглощённая доза в 1 рад}$ .  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зиверт}$ .

**Биологическое действие излучения** – биологические, физиологические, генетические и другие изменения в живых клетках и организмах в результате действия ионизирующего излучения. В основе биологического действия излучения лежат:

- процессы ионизации и возбуждения молекул;
- радиационно-химические реакции;
- изменение функции ДНК.

При значительных дозах облучения возникают неблагоприятные последствия, вплоть до гибели клеток и организмов.

**Взаимодействия элементарных частиц** – взаимные влияния элементарных частиц, определяющие:

- силу связи между ними;
- изменения их состояний;
- взаимопревращения.

В физике известны четыре типа фундаментальных взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное.

**Взвешивающий коэффициент** – 1) множитель поглощённой дозы, учитывающий относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов (фотоны, электроны и мюоны – 1; нейтроны – 5-20; протоны – 5; α-частицы – 20); 2) множитель эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые для учёта различной чувствительности органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации (колеблется от 0,20 - для гонад до 0,01 – для кожи и костных клеток).



**Внешнее облучение** – воздействие на организм ионизирующего излучения от внешних по отношению к нему источников излучения.

**Внутреннее облучение** – воздействие на организм ионизирующего излучения радиоактивных веществ, находящихся внутри (попавших внутрь) организма.

**Гамма лучи** – форма ионизирующей радиации, которая не имеет массы. Как и видимый свет, гамма-лучи состоят из фотонов.  $\gamma$ -лучи имеют высокую проникающую способность и оказывают наиболее серьёзный повреждающий эффект после радиационного воздействия.

**Гамма распад** – электромагнитное излучение, испускаемое возбужденным ядром с очень малой длиной волны и очень высокой частотой ( $\gamma$ -излучение), при этом энергия ядра уменьшается, массовое число и заряд ядра остаются неизменными.

**Генетические последствия излучения** – нежелательные радиационные последствия воздействия ионизирующих излучений на живой организм, связанные с изменением его наследственных свойств и проявляющиеся у потомства облученного организма.

**Группы критических органов** – критические органы, отнесенные к I, II или III группам в порядке убывания радиочувствительности, и для которых устанавливают разные значения основного дозового предела. В группу I критических органов включены все тело, гонады, красный костный мозг, во группу II - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, не относящиеся к группам I и III, в III группу - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

**Грэй (Гр)** – единица поглощения дозы излучения. 1 Гр = поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$ .

**Грэй в секунду (Гр/с)** – единица мощности поглощенной дозы излучения. 1 грэй в секунду = мощность поглощенной дозы излучения, при которой за время 1 с облученным веществом поглощается доза излучения 1 Гр.

**Джоуль** – единица работы, энергии, количества теплоты. Равен работе силы  $N$ , перемещающей тело на расстоянии 1 м в направлении действия силы обозначение (Дж).

**Дезактивация** – действия по удалению радиоактивных материалов, выполняемые, для того чтобы сделать какой-либо объект или территорию безопасными для пребывания там незащищенных от воздействия радиации людей.

**Дейтрон** – ядро атома дейтерия, состоит из одного протона и одного нейтрона.

**Детектор ионизирующего излучения** – чувствительный элемент средства измерений, предназначенный для регистрации ионизирующего излучения. Его действие основано на явлениях, возникающих при прохождении излучения через вещество.

**Детерминистские эффекты** – вредные радиационные эффекты (лучевая болезнь, локальные повреждения, катаракта, склеротические процессы и др.), у которых существует порог, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы облучения.

**Доза радиации (облучения)** – в широком смысле – мера действия ионизирующего излучения; средняя энергия, переданная излучением единице массы вещества. Различают экспозиционную, поглощенную, эквивалентную и эффективную эквивалентную дозы.

**Дозиметр** – прибор для измерения и регистрации дозы ионизирующего излучения (экспозиционной, поглощенной, эквивалентной) и мощности дозы.

**Естественный радиационный фон** – фактор внешней среды; уровень радиации, создаваемый космическим излучением и ионизирующим излучением естественно распределенных природных радионуклидов (и изотопами земной коры на поверхности Земли, в воздухе, продуктах питания, воде, организме человека и др.).

**Загрязнитель** – природный и антропогенный физический агент, химическое вещество и биологический вид, попадающий в среду жизни или возникающий в ней в количествах, выходящих за рамки обычного своего наличия – предельных естественных колебаний или среднего фона в рассматриваемый период.

**Закон обратных квадратов** – название зависимости одной величины от другой, когда одна из них изменяется обратно пропорционально квадрату другой. В применении к радиации означает, что интенсивность излучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

**Закон радиоактивного распада** – экспоненциальная зависимость, выражающая долю распавшихся радиоактивных изотопов с течением времени.

Для каждого радиоактивного вещества, заданного периодом полураспада, закон радиоактивного распада связывает:

- период наблюдения;
- число радиоактивных атомов в начальный момент наблюдения;
- число радиоактивных атомов в конечный момент наблюдения.

**Зиверт (Зв)** – единица эквивалентной дозы излучения. 1 Зв = эквивалентная доза излучения, при которой: - поглощенная доза излучения равна 1 грэю; и - коэффициент качества излучений равен 1. 1 Зв = 1 Дж/кг.

**Зиверт в секунду (Зв/с)** – единица мощности эквивалентной дозы излучения. 1 Зв/с = мощность эквивалентной дозы излучения, при которой за время 1 с облучаемым веществом поглощается эквивалентная доза излучения 1 Зв.

**Изотопы** – разновидности одного химического элемента, различающиеся по массе ядер. У них одинаковый заряд ядер (атомный номер), но различаются числом нейтронов. Имеют одинаковое строение электронных оболочек, т.е. имеют одинаковые химические свойства, и занимают одно и то же место в периодической системе химических элементов.

**Излучение (радиация)** – испускание и распространение энергии в виде волн и частиц.

**Ион** – заряженная частица, образующаяся при потере или присоединении электронов атомами, молекулами и т.д. Ионы соответственно могут быть положительными (при потере электронов) и отрицательными (при присоединении электронов), заряд иона кратен заряду электрона.

**Ионизация** – образование положительных и отрицательных ионов из электрически нейтральных атомов и молекул.

**Ионизирующее излучение** – излучение, взаимодействие которого со средой приводит к ионизации ее атомов и молекул. Ионизирующим излучением является γ-излучение, рентгеновское излучение, пучки электронов и позитронов, протонов, нейтронов, α-частиц. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах - электрон-вольтах (эВ).

**Ионизирующая радиация (радиационный фон)** – естественные излучения, которые приводят к ионизации электрически нейтральных атомов и молекул. Ионизирующая радиация действует разрушительным образом на живое вещество и является источником широкого спектра изменений живых организмов.

**Канцероген** – вещество или физический агент (ионизирующее излучение), способные вызвать развитие злокачественных новообразований или способствующий их возникновению. Большинство канцерогенов имеют антропогенное происхождение.

**Коллективная эффективная эквивалентная доза (Зв)** – эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации.

**Космические лучи** – потоки частиц высокой энергии, приходящие на Землю из мирового пространства. Различают:

- первичные космические лучи: протоны, нейтроны, альфа-частицы, ядра легких атомов;
- вторичные космические лучи, порожденные первичными лучами при взаимодействии с атомными ядрами атмосферы.

**Критическая масса** – наименьшая масса ядерного горючего, при которой происходит ядерная цепная реакция.

**Кулон на килограмм (Кл/кг)** – килограмм - единица экспозиционной дозы излучения. Кулон на килограмм = экспозиционная доза излучения, при которой в результате полного использования ионизирующей способности в 1 кг воздуха при нормальных условиях образуются ионы общим зарядом 1 Кл каждого знака.  $1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$ .

**Кумулятивная доза** – сумма поглощенных доз излучения, полученных рассматриваемым объектом, независимо от того, было ли облучение однократным или многократным.

**Кюри (Ки)** – мера радиоактивности.  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$  распадов в секунду (Бк);  $1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$ .

**Мезон** – нестабильная элементарная частица, масса которой имеет промежуточное значение между массами протона и электрона. Мезоны имеют очень малое время жизни.

**Мощность поглощенной дозы излучения** – отношение поглощенной веществом дозы излучения к времени, за которое эта доза излучения поглощена. Мощность поглощенной дозы излучения измеряется в Гр/с.

**Мощность эквивалентной дозы излучения** – отношение эквивалентной дозы излучения к времени, за которое эта доза поглощена веществом. Мощность эквивалентной дозы излучения измеряется в Зв/с.

**Мощность экспозиционной дозы излучения** – отношение экспозиционной дозы излучения к времени, за которое эта доза излучения передана сухому атмосферному воздуху. Мощность экспозиционной дозы излучения измеряется в А/кг.

**Нейтрон** – элементарная частица, одна из двух частиц, из которых построено атомное ядро. Входящая в состав ядерных ядер электрически нейтральная элементарная частица:

- с массой покоя, равной 1838 массам электрона;
- распадающаяся в свободном состоянии на протон, электрон и антинейтрино;
- с периодом полураспада 750 сек.;
- имеющая античастицу (антинейтрон).

Не обладает электрическим зарядом. Мощный, но редкий тип излучения, испускаемый после ядерного взрыва. Нейтроны высоко деструктивны, продуцируют в 10 раз более мощное повреждение тканей, чем  $\gamma$ -лучи.

**Нуклид** – общее название атомных ядер, отличающихся числом нейтронов и протонов (нуклонов). Нуклиды с одинаковыми атомами номерами и разными массовыми числами называются изотопами.

**Нуклон** – протон или нейтрон. Протоны и нейтроны могут рассматриваться как два различных зарядовых состояния нуклона.

**Облучение** – воздействие радиоактивного излучения или процесс, в котором что-либо подвергается такому воздействию.

**Опухоль** – избыточное патологическое разрастание тканей, образуемое качественно изменившимися, недифференцированными клетками. Различают доброкачественные и злокачественные опухоли.

**Острая лучевая болезнь** – лучевая болезнь, развивающаяся после острого облучения.

**Острое облучение** – однократное кратковременное облучение биологического объекта, сопровождающееся получением им дозы излучения, вызывающей неблагоприятные изменения его состояния.

**Период полураспада изотопа** – время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа в любом радиоактивном источнике.

**Периодическая система элементов** – классификация химических элементов, графическое выражение периодического закона Д. И. Менделеева, устанавливающего периодическое изменение свойств химических элементов при увеличении зарядов ядер их атомов.

**Поглощенная доза излучения (Гр)** – характеристика радиационной опасности; отношение поглощенной энергии ионизирующего излучения к массе

облученного вещества, т.е. энергия, депонированная любым типом радиации в любом типе ткани или материала. Единицами измерения поглощенной дозы излучения являются грэй и рад.  $1 \text{ рад} = 0.01 \text{ Гр}$ .

**Позитрон** – элементарная частица, несущая положительный элементарный заряд, античастица электрона; античастица электрона с массой, равной массе электрона, но положительным электрическим зарядом.

**Полная коллективная эффективная эквивалентная доза** – коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его существования (человеко-Зиверт, чел.-Зв).

**Протон** – одна из частиц, составляющих ядро атома. Протон несет единственный положительный электрический заряд; стабильная положительно заряженная элементарная частица с зарядом  $1,61 \cdot 10^{-19}$  Кл и массой  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг. Протон образует ядро "легкого" изотопа атома водорода (протия). Число протонов в ядре любого элемента определяет заряд ядра и атомный номер этого элемента.

**Рад (от англ. Radiation Absorbed Dose - доза поглощенного излучения)** – внесистемная единица дозы излучения, поглощенной веществом.  $1 \text{ рад} =$  доза радиации на 1 кг массы тела, эквивалентная энергии в 0.01 джоуля.  $1 \text{ рад} = 0.01 \text{ Гр}$ .

**Радиационная активность образца** – число распадов в секунду в данном радиоактивном образце; единица измерения – беккерель (Бк).

**Радиационная защита** – способы и средства снижения вредного воздействия ионизирующих излучений на организм. Физической радиационной защитой служит материал, поглощающий излучение: свинец, бетон и др. Химическая радиационная защита достигается введением в организм перед облучением специальных химических соединений (радиопротекторов).

**Радиационный фон** – радиоактивное излучение низкого уровня, источником которого являются космические лучи и радиоактивные вещества, которые в естественных условиях содержатся в атмосфере в незначительных количествах.

**Радиация** – эмиссия (испускание) и распространение энергии в пространстве или в среде в виде ионизирующих частиц или электромагнитных волн. По общепринятой классификации в зависимости от длины электромагнитных волн различают радиоволны, инфракрасные лучи, видимый свет, рентгеновское и  $\gamma$ -излучение.

**Радикал** – одноядерная или многоядерная электронейтральная частица, имеющая неспаренные электроны. Радикалы обладают высокой реакционной способностью и имеют короткое время жизни в свободном состоянии.

**Радиоактивное загрязнение** – превышение природного (естественного) радиоактивного фона на определенной территории, основной причиной которого могут быть: авария на атомной электростанции или др. объекте атомной энергетики, ненадежное захоронение радиоактивных отходов, проведение испытаний ядерного оружия и др.

**Радиоактивное излучение** – ионизирующее излучение, испускаемое при распаде радионуклидов. Воздействие радиоактивного излучения на человеческий организм может иметь смертельные последствия.

**Радиоактивность** – способность некоторых атомных ядер (радионуклидов) самопроизвольно превращаться (распадаться) в другие ядра с испусканием ионизирующих излучений ( $\alpha$ -распад,  $\beta$ -распад, испускание нейтронов, деление тяжелых ядер и т.п.). Описанные изменения приводят к изменению атомного номера или массового числа.

**Радиоактивные вещества** – не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение.

**Радиоактивные осадки** – твердые или жидкие частицы, осаждающиеся на поверхность земли из атмосферы, содержащей радионуклиды. Как правило, они выпадают в результате аварий, сопровождающихся взрывами, на предприятиях и устройствах, использующих ядерное топливо, а также при испытании ядерного оружия. Локальные радиоактивные осадки могут быть результатом переноса изотопов, например,  $^{226}\text{Ra}$ , содержащегося в продуктах сжигания каменного угля,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  - выпавших с радиоактивными осадками после аварии на ЧАЭС.

**Радиоактивный распад** – процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида.

**Радиометр** – прибор или установка для измерений:

- активности радионуклидов в источнике или образце;
- плотности потока, потока и флюенса ионизирующих частиц.

**Радионуклид** – нестабильный нуклид, обладающий радиоактивностью и способный к самопроизвольному распаду.

**Радиопротекторы** – вещества, снижающие генетические и физиологические эффекты радиации.

**Радон** – радиоактивный газ, выделяющийся при радиоактивном распаде урана и тория, содержащихся в земной коре в естественном состоянии. Радон вносит наибольший вклад (примерно половину) в естественный радиационный фон на Земле.

**Рак** – любая злокачественная опухоль эпителиального происхождения. Иногда в обиходе неправильно используется для обозначения различных форм злокачественных новообразований.

**Рентген** – внесистемная единица экспозиционной дозы излучения (Р). 1 Р = доза экспозиционная доза излучения, при которой в результате полного ионизационного поглощения в  $1\text{ см}^3$  воздуха при нормальных условиях образуются ионы с общим зарядом  $0,000'000'000'3$  Кл каждого знака. 1 Р в СИ =  $0.000'258$  Кл/кг.

**Рентгеновское излучение (рентгеновские лучи)** – коротковолновое электромагнитное излучение. Образуется при торможении в веществе быстрых электронов (например, при бомбардировке металлического электрода в рентгеновской трубке пучком ускоренных электронов). Обладает большой проникающей способностью, действует на фотографическую эмульсию.

**Репарация** – восстановление тканей тела и состава популяций организмов, поврежденных или изреженных ионизирующим излучением или ультрафиолетовыми лучами. Репарация происходит посредством размножения клеток и организмов, уцелевших после облучения.

**Риск** – это частота реализации опасностей, количественная оценка опасности (отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период). Различают индивидуальный и социальный риск.

**Стохастический эффект излучения** – радиационный эффект, обычно проявляющийся без определенного порогового значения дозы облучения, вероятность его (риск) пропорциональна дозе, а тяжесть его проявления не зависит от дозы облучения. Примеры стохастических эффектов: солидные опухоли, лейкемия, генетические нарушения.

**Счётчик Гейгера** – устройство, используемое для обнаружения и изменения радиоактивности; названо в честь немецкого физика Г. Гейгера (1882-1945).

**Тератогены** – химические вещества или физические факторы (ионизирующая радиация), вызывающие при воздействии на организм (развивающийся эмбрион) возникновение уродств, умственной отсталости и других аномалий развития.

**Удельная активность** – отношение активности радионуклида в веществе к его массе.

**Чрезвычайные ситуации (ЧС)** – состояния, при которых в результате возникновения источника ЧС на определенной территории или объекте экономики нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей среде.

**Эквивалентная доза излучения** – произведение поглощенной дозы излучения на коэффициент качества излучения, отражающий способность данного вида излучения в малых дозах повреждать ткани организма. Единицей эквивалентной дозы излучения является Зиверт.

**Экспозиционная доза излучения** – отношение суммарного заряда одного знака, созданного в воздухе при полном использовании ионизирующей способности излучения, к массе ионизированного воздуха. Экспозиционная доза излучения представляет собой энергетическую характеристику излучения, оцениваемую по эффекту ионизации сухого атмосферного воздуха.

**Электрон** – стабильная элементарная частица, несущая отрицательный заряд и движущаяся в электрическом поле ядра по электронным орбитам. Электроны входят в состав всех атомов и могут также существовать в свободном состоянии. При переходе электрона на орбиту более близкую к ядру, электрон выделяет энергию.

**Элементарные частицы** – простейшие структурные элементы материи, которые на современном уровне развития физики нельзя считать соединением других частиц. Различаются:

- по массам покоя - на лептоны, мезоны и барионы;

- по наличию электрического заряда - на положительные, отрицательные и нейтральные;

- по времени жизни - на стабильные и нестабильные.

Между элементарными частицами осуществляются сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия.

**Эпицентр** – точка на поверхности земли или воды, в которой происходит ядерный взрыв или которая находится непосредственно под или над центром ядерного взрыва.

**Эффективная эквивалентная доза** – эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению.



## **ЧАСТЬ 2 ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

### **1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА** (лекции – 4 часа, практические (семинарские) занятия – 2 часа).

#### **1.1 ЛЕКЦИЯ: БЕЗОПАСНОСТЬ – БАЗОВЫЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА** (2 часа)

**План лекции:** *Основные понятия теории безопасности. Опасности, их классификация и идентификация. Основные положения теории риска. Методы определения риска. Общая схема управления риском. Системный анализ проблем безопасности. Уровни безопасности. Принципы, методы, способы и средства обеспечения безопасности. Понятие комплексной безопасности. ЧС и их классификация. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях.*

*Безопасность* (ГОСТ Р 22.0.02-94) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Безопасность относится, прежде всего, к человеку.

*Безопасность человека* – такое состояние человека, когда действие внешних и внутренних факторов не приводит к смерти, ухудшению функционирования и развития организма, сознания, психики и человека в целом, и не препятствуют достижению определенных желательных для человека целей. Понятие «безопасность человека»<sup>42</sup> подтверждает право человека на жизнь в условиях свободы и равенства, защиту от нищеты, «национальную ответственность» государств за соблюдение гражданских, политических, экономических, социальных и культурных прав человека.

Основными понятиями теории безопасности являются: «опасность», «угроза», «источники опасности», «объект опасности», «деструктивная сила» (или «фактор опасности»), «уровень (степень) опасности», «безопасность», «защищенность», «субъекты и объекты безопасности», «система безопасности», «факторы (силы, средства) безопасности», «уровень (степень) безопасности», «методы обеспечения безопасности» и др.

*Безопасность обеспечивается* стабильностью, устойчивостью, живучестью жертвы и использованием ею методов уклонения, защиты либо уничтожения источников опасности, угроз и вызовов. Под *устойчивостью* подразумевается способность нормально функционировать при возмущениях; под *стабильностью* – совокупность устойчивостей к длительно действующим возмущающим факторам, а под живучестью – способность систем сохранять функционирование в условиях целенаправленного противодействия.

*Опасности* – это явления, происшествия или процессы, вызывающие нежелательные последствия (пожары, аварии и т.п.) и оказывающие отрицательное воздействие на жизнедеятельность людей и функционирование эко-

---

<sup>42</sup> Резолюция Генеральная Ассамблея ООН, принятая в 2012 г.

номики. Опасность является источником потенциального ущерба, либо вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба. *Опасность в ЧС* – состояние, при котором создалась или вероятно угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника ЧС на население, объекты экономики и окружающую природную среду в зоне ЧС (ГОСТ Р 22.0.02-94). Опасности постоянны. Любая деятельность человека потенциально опасна.

По *характеру воздействия на человека* опасности делят на 5 групп: 1) механические, 2) физические, 3) химические, 4) биологические, 5) психофизиологические. В соответствии с *происхождением* различают 6 групп опасностей: 1) природные, 2) техногенные, 3) антропогенные, 4) экологические, 5) социальные, 6) биологические. По *времени* проявления негативных последствий опасности делят на 1) импульсивные (проявляются мгновенно, например, опасность поражения электрическим током) и 2) кумулятивные (накапливающиеся, например, проживание в местности повышенного радиоактивного воздействия). По *локализации* опасности бывают связанными с: 1) литосферой (землетрясение, извержение вулканов), гидросферой, атмосферой (озоновые дыры) и космосом (солнечные циклы). Опасности различают также по вызываемым ими *последствиям*: 1) утомление, 2) заболевание, 3) травмы, 4) аварии, 5) пожары, 6) летальные исходы и т.д. По *приносимому ущербу*: 1) социальные, 2) технические, 3) экологические и 4) экономические. *Сферами проявления* опасностей может быть: 1) бытовая обстановка, 2) спортивная, 3) дорожно-транспортная, 4) производственная и 5) военная обстановки и др. По *структуре* опасности делятся на 1) простые и 2) производные (порождаемые взаимодействием простых опасностей). По *реализуемой энергии* опасности подразделяют на 1) активные и 2) пассивные.

Ранжируя по укрупненным позициям, опасности можно разместить в следующий ряд: радиационная опасность, в том числе радоновая; химическая опасность, в том числе ртутная; биологическая опасность (инфекционные заболевания, эпидемии и т.д.); криминальная опасность. Борясь с опасностями, важно решить три взаимосвязанные задачи: 1) идентифицировать опасности, т.е. распознать их вид, количественные их характеристики и координаты; 2) организовать защиту от опасностей на основе сопоставления затрат и выгод; 3) произвести ликвидацию возможных опасностей (исходя из концепции остаточного риска).

*Опасные и вредные факторы для человека, экономики и природной среды в Беларуси.* Это 539 химически опасных и свыше 400 взрывопожароопасных предприятий, находящихся на территории Беларуси. В составе АХОВ, используемых на предприятиях, наибольший удельный вес занимают: аммиак – 50,7%, метанол – 25,7% и нитрил акриловой кислоты – 10%. Имеются 90 баз и складов взрывчатых и пожароопасных веществ Министерства обороны. Через территорию Беларуси проходят почти 7 тыс. км магистральных газопроводов, нефте- и продуктопроводов. Протяженность железнодорожных магистралей составляет более 5,5 тыс. км, автомагистралей - свыше 40 тыс. км. 38 экологически опасных экономических предприятий сосредоточено в городе Минске. Запас сильнодействующих ядовитых веществ на этих объектах

Минска составляет: аммиака – 284,92 т, хлора – 40,6 т, соляной кислоты – 184,32 т, серной кислоты – 271 т, азотной кислоты – 13,81 т, ацетона – 0,54 т, моносилана – 0,82 т, ортофосфорной кислоты – 45 т, уксусной кислоты – 2 т и др.

Опасность оценивают степенью риска. Риск выражает частоту реализации опасностей – отношение их к их возможному числу. Риск, фактически, является мерой опасности. *Риск – это частота реализации опасностей, количественная оценка опасности*, отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период:

$$R = \frac{N(t)}{Q(t)} \quad (1.1.1)$$

Согласно РД 08-120-96, рассматривают следующие количественные показатели риска: 1) *индивидуальный риск* – частота поражения отдельного индивидуума; 2) *коллективный риск* – ожидаемое количество смертельно травмированных в результате возможных аварий за определенный период времени; 3) *социальный риск* – зависимость частоты событий, в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного, от этого числа людей; 4) *потенциальный территориальный риск* – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня. Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой происходит опасное событие, и последствия опасного события (рис. 1.1.1).



Рис. 1.1.1. Обобщенная схема оценки риска<sup>43</sup>

Средний индивидуальный риск оценивают как

$$R_{ind} = F/N_R \quad (1.1.2)$$

где  $F$  – коллективный риск;  $N_R$  – часть лиц, подвергающаяся риску.

Коллективный риск ( $F$ ) определяют по формуле:

$$F = \int_s N(x, y) * R(x, y) ds \quad (1.1.3)$$

<sup>43</sup> Оценка риска – это использование доступной научной информации и научно обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды и условий на здоровье человека.

где  $N_{(x,y)}$  – количество персонала или населения на рассматриваемой территории,  $R_{(x,y)}$  – потенциальный территориальный риск.

Показатели социального риска определяются исходя из частоты их реализации ( $\lambda$ , 1/год) и вероятностной зоны поражения ( $P_{(x,y)}$ ) для каждого сценария аварии с учетом распределения субъектов  $N_{(x,y)}$  на рассматриваемой территории. Количество пострадавших ( $N^*$ ) при конкретном сценарии аварии рассчитываем по формуле:

$$N_s = \int_s N(x,y) * P(x,y) ds \quad (1.1.4)$$

а частота этого события – это  $\lambda$ . Рассчитав количество пострадавших для всего спектра сценариев ( $J$ ), можно построить F-N диаграмму, просуммировав все частоты сценариев аварий, для которых количество пострадавших больше наперед заданной величины.

Для определения потенциального территориального риска  $R_{(x,y)}$  суммируют все вероятностные зоны поражения с учетом частоты их реализации на рассматриваемой территории в предположении малости произведения  $\lambda_i * P_i(x,y)$ :

$$R(x,y) = \sum_1^J \lambda_i * P_i(x,y) \quad (1.1.5)$$

Уровнем опасности (риском) можно управлять. При этом учитывают уровень «приемлемого риска». В основе его лежит осознание недостижимости абсолютной безопасности.

*Управление риском* включает в себя мониторинг, оценку и действия, направленные на обеспечение соответствия принятым решениям. При достаточных ресурсах нужно снижать все риски до приемлемого уровня. Опасность ограничивается состоянием, когда проявление опасности, т.е. её реализация, исключена с определенной (допустимой) вероятностью. В странах с развитой экономикой обеспечивается допустимый уровень риска, при котором степень риска определяется законодательно.

*Для изучения проблем безопасности используют системный подход* – оценку процессов, протекающих в системах, состоящих из отдельных компонентов. Системы для исследования проблем безопасности характеризуются следующими общими особенностями: 1) множественностью компонентов, изменяющихся в исследуемом процессе и влияющих на него; 2) объектами и субъектами безопасности (личностями и сообществами различных уровней); 3) постоянством угроз в окружающей среде и не изменяемостью в исследуемом процессе природных, техногенных и социальных составляющих; 4) действиями субъектов в сложившихся опасных ситуациях и ЧС (защита, меры безопасности) 5) принципами и характером повседневной жизнедеятельности субъектов (предотвращение).

*Уровень безопасности населения* зависит от конкретных условий и обстоятельств, в которых протекает жизнь и деятельность человека, а также от его психофизиологических свойств, определяющих его поведение при нахождении в опасной зоне. В производственной среде это он надежность технических систем: надежность техники и технологии, безотказная, безаварийная

работа в течение определенного отрезка времени безопасность рассматривается как неотъемлемая часть государственного строительства и важнейшая функция центральных органов исполнительной власти, местных государственных администраций и исполнительных органов власти. Уровень национальной безопасности считается достаточным, если в общегосударственном масштабе решены задачи защиты населения, объектов экономики и национального богатства от ЧС техногенного, природного и другого характера. Например, уровни радиационной безопасности должны: 1) обеспечивать предотвращение ранних и ограничение поздних медицинских последствий облучения; 2) приносить больше пользы, чем вреда; 3) реализовываться таким образом, чтобы польза от снижения дозы облучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной.

*Основными принципами защиты населения и территорий Беларуси от ЧС* являются: 1) заблаговременность проведения мероприятий, направленных на предупреждение ЧС и максимально возможное снижение размеров материального ущерба и вреда, причиненного здоровью людей и окружающей среде в случае их возникновения; 2) планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций; 3) необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения и территорий от ЧС (ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1 – 2006).

*Обеспечение безопасности достигается тремя основными методами:* 1) средствами дистанционного управления, автоматизации, роботизации, организации и др.; 2) совокупностью мероприятий, защищающих человека от шума, газа, пыли, опасности травмирования и т.п. средствами коллективной защиты; 3) приемами и средствами, направленными на адаптацию человека к соответствующей среде и повышению его защищенности (профотбор, обучение, психологическое воздействие, СИЗ). Защитные меры применяют для снижения риска до приемлемого уровня. После достижения риском приемлемого уровня реализация защитных мер не требуется (рис. 1.1.2).

*Общими положениями, обеспечивающими безопасность населения и территорий в ЧС* (ГОСТ Р 22.3.03-94), являются 1) снижение вероятности возникновения и уменьшение масштабов источников ЧС; 2) локализация, блокирование, подавление, сокращение времени существования, масштабов источников ЧС и ослабление их действия; 3) расселение людей, рациональное размещение потенциально опасных и жизненно важных объектов, коммуникаций и сооружений, рациональная планировка и застройка городов и других населенных пунктов, строительство устойчивых в ЧС зданий и сооружений; 4) повышение устойчивости функционирования систем и объектов жизнеобеспечения, профилактика нарушений их работы;

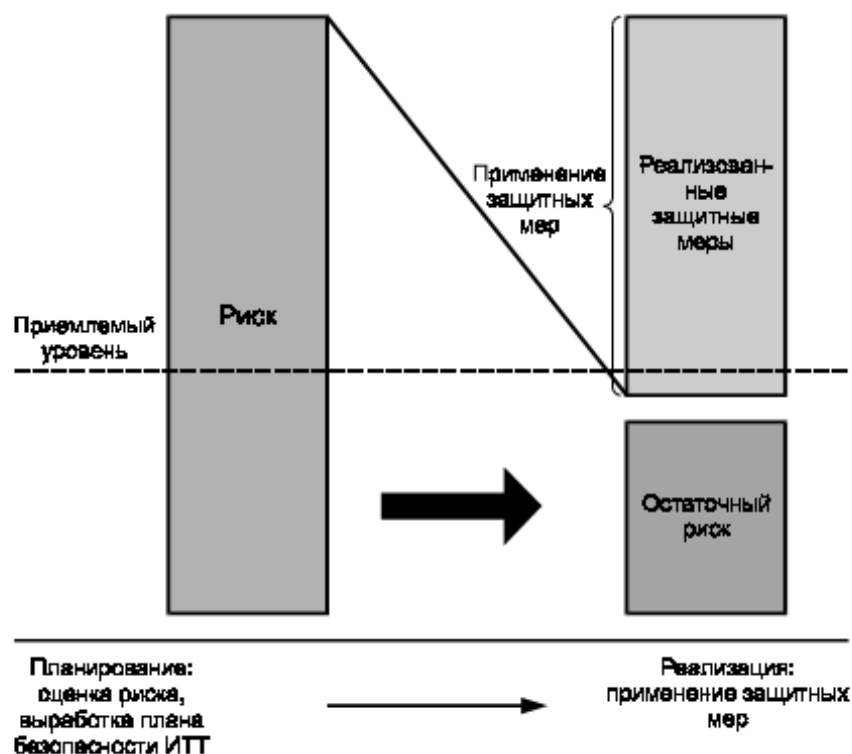


Рис. 1.1.2. Взаимосвязь защитных мер и риска

5) обучение населения *правилам и приёмам* предупреждения и выживания в условиях ЧС; 6) проведение *защитных мероприятий* в отношении населения и персонала аварийных и прочих объектов при возникновении, развитии и распространении поражающих факторов источников ЧС; 7) осуществление *аварийно-спасательных и др. неотложных работ* по устранению непосредственной опасности для жизни и здоровья людей, восстановление жизнеобеспечения населения на территориях, подвергшихся воздействию ЧС; 8) ликвидация последствий ЧС и реабилитация населения, территорий и окружающей среды после воздействия источников ЧС.

*Средства обеспечения безопасности* делятся на средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ). В свою очередь СКЗ и СИЗ делят на группы в зависимости от характера опасностей, конструктивного исполнения, области применения и т.д. В широком понимании *к средствам безопасности следует относить все то, что способствует защищенности человека от опасности*, а именно: воспитание, образование, укрепление здоровья, дисциплинированность, здравоохранение, государственные органы управления и т.п.

*Комплексная безопасность* (КБ) – это интеграция различных подсистем безопасности, позволяющая создавать единую систему управления, контроля и мониторинга опасностей. Она обеспечивается совокупностью организационных, правовых, программно-аппаратных, инженерно-технических и силовых мер, методов и средств, направленных на обеспечение безопасности предприятия. КБ включает в себя следующие составляющие: 1) правовую безопасность; 2) кадровую безопасность; 3) экономическую безопасность; 4) финансовую безопасность; 5) информационную безопасность; 6) инфор-

мационно-аналитическую безопасность; 7) инженерно-техническую безопасность; 8) технологическую безопасность; 9) экологическую безопасность; 10) противопожарную безопасность; 11) физическую безопасность и др. Системы КБ обладают минимальным количеством избыточных элементов одинаковой функциональности и высоким уровнем синергетических эффектов.

*Чрезвычайная ситуация* (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

*ЧС классифицируют* по четырем основным признакам: 1) сфере возникновения (социальные, техногенные, биолого-социальные, природные и экологические ЧС); 2) скорости распространения [а) внезапные (землетрясения, взрывы, транспортные аварии); б) быстро возникающие (выброс газа, пожары, гидродинамические аварии с образованием волн прорыва, аварии на железнодорожном транспорте с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ); в) умеренные (извержение вулканов, половодье, выброс радиоактивных веществ); г) медленно распространяющиеся (засухи, эпидемии, аварии на очистных сооружениях, экологические изменения)]; 3) ведомственной принадлежности [а) в строительстве (промышленном, гражданском, транспортном); б) в промышленности (атомной, химической, пищевой, металлической, машиностроительной, горнодобывающей и т. д.); в) в коммунально-бытовой сфере (водопроводно-канализирующих системах, газовых, тепловых, электрических сетях, при эксплуатации зданий и сооружений); г) на транспорте (железнодорожном, автомобильном, трубопроводном, воздушном, водном); д) в сельском и лесном хозяйстве]; 4) масштабам последствий.

По масштабам последствий ЧС бывает: 1) локальной – пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет свыше сорока, но не более одной тысячи базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения; 2) местной – пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше одной тысячи, но не более пяти тысяч базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы населенного пункта, города, района; 3) *региональной* – пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше пяти тысяч, но не более 0,5 миллиона базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы области; 4) *республиканской (государственной)* – пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 миллиона базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой выходит за пределы более чем двух областей; 5)

*трансграничной* – поражающие факторы ЧС выходят за пределы РБ, либо ЧС произошла за рубежом и затронула территорию РБ.

Эти классификации условны, т.к. одни ЧС порождают другие. На практике чаще всего возникают комбинированные ЧС, развивающиеся по катастрофическому сценарию.

*Безопасность жизнедеятельности в ЧС* требует определения опасности и защиту от них. Она обеспечивается 1) заблаговременной подготовкой и осуществлением защитных мероприятий по всей территории республики: накоплением средств защиты человека от опасных и вредных факторов и поддержанием их в готовности для использования, подготовкой мероприятий по эвакуации населения из опасных зон (зон риска) и использованием защитных сооружений; 2) дифференцированным подходом к определению характера, объема и сроков проведения этих мероприятий в зависимости от вида источников опасных и вредных факторов, характерных для данного региона, а также от местных условий; 3) комплексностью проведения защитных мероприятий для создания безопасных условий во всех сферах деятельности человека в любых условиях: эффективном применении способов и средств защиты от последствий стихийных бедствий, производственных аварий, катастроф и современных средств поражения, согласованном осуществлении их со всеми мероприятиями по обеспечению безопасности жизнедеятельности в современной техно-социальной среде.

## **1.2 ЛЕКЦИЯ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЖИВАНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ** (2 часа)

*План лекции: Человек как эколого-биологическая и энергетическая система. Особенности функционирования при взаимодействии с окружающей средой. Степень уязвимости биологических систем при воздействии внешних факторов риска. Философия и психология выживания человека в ЧС. Способы саморегуляции поведения и психического состояния человека в ЧС.*

Человек является эколого-биологической и энергетической системой. Он состоит из 1) системы покровных тканей (кожа, слизистая оболочка), 2) иммунной системы, 3) системы обеспечения постоянства внутренней среды организма (гомеостаз): а) системы терморегуляции, б) системы регуляции частоты сердечных сокращений, в) системы регуляции кровяного давления. В случае нарушения гомеостаза происходит 1) снижение работоспособности (тонуса, жизнедеятельности), 2) развитие заболеваний, 3) травматизм, 4) смерть.

Человек постоянно обменивается веществом и энергией с внешней средой и обладает информационно-управляющей системой, ставящей своей целью выживание в условиях неблагоприятной внешней среды и при нарушениях внутреннего функционирования. Обмен веществом и энергией человека с внешней средой подчиняется общей схеме переноса вещества и энергии.



Организм человека – это преобразователь одних видов энергии в другие. При этом сохраняются все свойства энергии, как физической характеристики материального мира, а именно: 1) энергия выступает в различных формах; 2) энергия может накапливаться и временно храниться в материальных системах; 3) энергия никогда не исчезает, а превращается из одного вида в другой; 4) энергия способна выполнять работу; 5) энергия часто проявляется при нарушении равновесия в материальных динамических системах, она или поглощается или высвобождается.

На человека воздействуют различные виды энергий, равно как и человек является источником преобразованных энергий. Энергия поступившая в организм используется рационально, порциями и мигрирует по органам человека в суточном ритме. Для нормального функционирования организма должно соблюдаться равновесие между поступающей энергией и расходуемой. Для накопления энергии человеку необходима не только пища, но и отдых (физический, физиологический, умственный и душевный). Кроме энергии, организм человека обменивается с внешней средой и веществом.

В основу построения человека, как биосистемы положено единство функционирования каждой клетки и всего организма в целом. Управляют функциями клеток, органов и систем человека *законы жизни*. Связь организма с внешней средой, прежде всего, определяется Космосом.

Модель процесса жизнедеятельности в общем виде представляют состоящей из двух элементов: 1) человека и 2) среды его обитания. Между собой эти элементы связаны двухсторонними связями, обеспечивающими: 1) достижение определенного эффекта в процессе деятельности и 2) нежелательные последствия от этой деятельности. К последним относят воздействие на человека опасностей. Особую опасность для жизни и здоровья человека представляли голод, эпидемии особо опасных заболеваний, войны и др.

*Окружающая среда* – среда обитания и деятельности человечества, весь окружающий человека мир, включая и природную, и антропогенную среду. В современную эпоху человеческая деятельность охватила практически всю географическую оболочку. Её масштабы сравнимы с действием глобальных природных процессов, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды. Человек – часть природы. Вне природы, не пользуясь ее ресурсами, он не может существовать. Природа основа и источник жизни человека.

В природе обеспечивается экологическое равновесие и экологический оптимум для человека. Человек взаимодействует со средой своего естественного обитания. Отдельные элементы природы являются непосредственными источниками удовлетворения естественных физиологических потребностей человека: дыхания, утоления жажды, питания и т.д. Например, человек может прожить без воздуха несколько минут, без воды – несколько дней, без пищи – около двух месяцев. Состояние природных ресурсов, прежде всего лесов вод, земель, определяет состояние климата и погодных условий, от которых зависит человек и развиваемая им экономика.

Жизнь представляет собой форму существования сложных органических соединений – нуклеопротеидов, структурно организованных в виде биологи-

ческих систем разного ранга. Структурными единицами живой материи являются интегрированные целостные системы – организмы. Сложность живых систем повышает их уязвимость, снижает устойчивость перед лицом изменений внешней среды. Разрушению и гибели живых систем при неблагоприятных изменениях внешних условий противостоят два их важнейших свойства: 1) способность к саморегуляции (системный гомеостаз) и 2) способность к самовоспроизведению, основанная на свойствах молекул нуклеиновых кислот (редупликация) и ведущая к размножению систем данного класса.

Здоровье и благосостояние человека напрямую зависит от гармоничного взаимодействия основных функций экосистем, которые одновременно обеспечивают человека жизненно необходимыми ему ресурсами, поглощают загрязняющие вещества и самоочищаются. В случае нарушения этих процессов резко возрастает степень уязвимости человека в результате загрязнения водных, земельных ресурсов, атмосферного воздуха, утраты биоразнообразия и, как следствие, снижения качества и уменьшения количества продовольствия. Снижение степени уязвимости человека вследствие изменения состояния окружающей среды является одной из определяющих целей устойчивого развития.

*Философия и психология выживания* заключается в том, что в экстремальной ситуации миссия человека – выжить. Разнообразие возникающих у человека мыслей и эмоций способствует как его спасению, так и гибели. Страх, волнение, раздражение, разочарование, чувство вины, депрессия и одиночество – основные реакции на стрессовые факторы. Правильный их контроль может увеличить вероятность выживания. Поэтому необходимы тренировки, чтобы дать отпор страху и принять необходимые меры к обеспечению жизнедеятельности и безопасности. Если человек не может правильно контролировать свои эмоции, развивается бездействие. Вместо того, что бы привести в действие свои внутренние ресурсы, человек начинает прислушиваться к своим страхам. Он потерпит психологическое поражение еще до того, как погибнет физически. Подготовьте себя и обеспечьте себе выживание.

*Выживание* – это активные целесообразные действия, направленные на сохранение жизни, здоровья и работоспособности в условиях автономного существования. *Главный постулат выживания* – человек может и должен сохранить здоровье и жизнь в самых суровых условиях, если он сумеет использовать в своих интересах все, что дает окружающая среда. Но для этого необходимы определенные знания и опыт. Прежде всего, необходимо 1) преодолеть стрессовое состояние, вызванного аварийной ситуацией; 2) оказать первую медицинскую помощь пострадавшим; 3) защититься от неблагоприятного воздействия факторов окружающей природной среды; 4) обеспечить себя водой и пищей; 5) определить собственное местоположения; 6) установить связь и подготовить средства сигнализации. Разрешение этих и ряда других задач зависит от изобретательности и находчивости человека, его умения эффективно использовать аварийное снаряжение, подручные средства и полученное обучение.

На основе сложившихся психологических установок и чувства уверенности в своих силах (подкрепленного позитивным опытом саморегуляции), применяют саморегуляцию и самовнушение: самоприказы, самоубеждения: «Я могу! Я добьюсь! Я выдержу! Я доведу дело до конца! Я преодолю состояние апатии, напряженности, чрезмерного возбуждения!» и т. д. Реализуя опыт аутотренинга, проводимого с помощью психолога, врача, человек осуществляет мышечную релаксацию, внушает себе чувство спокойствия, укрепляет уверенность в успехе, преодолевает эмоциональную напряженность, стимулирует себя к успешному продолжению трудной деятельности.

Эмоциональное напряжение может пойти на убыль, если внимание человека переключается от причины гнева, печали или радости на их внешние проявления – выражение лица, слезы или смех и т.д. Это говорит о том, что эмоциональные и физические состояния человека взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга. Поэтому одинаково правомерны утверждения: «Мы смеемся, потому что нам весело» и «Нам весело, потому что мы смеемся».

Самый простой, но достаточно эффективный способ эмоциональной саморегуляции – *расслабление мимической мускулатуры*. Научившись расслаблять лицевые мышцы, а также произвольно и сознательно контролировать их состояние, можно научиться управлять и соответствующими эмоциями.

Важным резервом в стабилизации своего эмоционального состояния является *совершенствование дыхания*. Как ни странно, не все люди умеют правильно дышать. Неумение правильно дышать способствует быстрому утомлению.

Эффективной эмоциональной саморегуляции способствует также использование *приемов воображения или визуализации*. Визуализация – это создание внутренних образов в сознании человека, т.е. активизация воображения с помощью слуховых, зрительных, вкусовых, обонятельных, осязательных ощущений, а также их комбинаций. Визуализация помогает человеку активизировать его эмоциональную память, воссоздать те ощущения, которые он испытал когда-то. Воспроизведя в сознании образы внешнего мира, можно быстро отвлечься от напряженной ситуации, восстановить эмоциональное равновесие.

Первым шагом к успеху в любом начинании является *психологическая установка на успех, абсолютная уверенность в том, что цель будет достигнута*. Необходимо приучить себя к успеху, удаче, сделать ее само собой разумеющейся, привычной. «Хранить в своей памяти негативные представления равнозначно медленному самоубийству», – пишет Х. Линдеман, известный специалист по аутогенной тренировке. Упражнения «вдохновения» состоят в «репетировании» напряженной ситуации обязательно в условиях успеха, с использованием цветовых и пространственных представлений.

*Обучение:* 1) *населения выживанию в ЧС* проводят в семье, детских садах, школе, средних и высших учебных заведениях, по месту работы; 2) *руководящего состава* – непосредственно на объектах, курсах МЧС, учебно-методических сборах, курсах повышения квалификации; 3) *работающего населения* – на объектах хозяйствования и социальной сферы, тренировках с имитацией ЧС; 4) *неработающего населения* – по памяткам, на публичных

лекциях, при помощи передач по радио и т. д.; 5) *учащейся молодёжи* – по программам, утвержденным Минобразования 6) *подразделений экстренного реагирования, личного состава формирований ГО МЧС и специальные формирования* министерств и ведомств (горноспасатели, водолазы, высотники и др.) – по специальным программам, во время учений и тренировок.

*Биолого-социальные ЧС.* О возникновении инфекционных заболеваний население оповещают через средства массовой информации. Может быть объявлен карантин или обсервация. В этот период предпринимают особые меры безопасности. Основные из них: 1) нельзя без специального разрешения покидать место жительства (особенно, при некоторых особо опасных заболеваниях); 2) без крайней необходимости не выходите из дома; 3) сообщите о заболевании в медицинское учреждение и вызовите врача; 4) носите марлевую маску; 5) обязательно проводите ежедневную влажную уборку помещения с использованием дезинфицирующих растворов; 6) строго соблюдайте правила личной гигиены, тщательно мойте руки, особенно перед едой; 7) при госпитализации больного проведите в квартире дезинфекцию: постельное белье и посуду прокипятите в 2% растворе соды или замочите на 2 часа в 2% растворе дезинфицирующего средства. Затем посуду обдайте горячей водой, белье прогладьте, комнату проветрите.

*Особенности поведения и выживания в ЧС в условиях терроризма.* 1) Не выражайте свое неудовольствие, воздержитесь от резких движений, крика и стонов; 2) подчиняйтесь требованиям захватчиков без препирательств. 3) прежде, чем что-то сделать (передвинуться, открыть портфель и т. п.), спрашивайте у террористов разрешения; 4) сидите или лежите спокойно, не задавая вопросов и не глядя в глаза террористам; 5) не впадайте в панику, оставайтесь всегда внимательным, готовым использовать малейшую возможность спастись; 6) если Вы ранены, старайтесь не совершать лишних движений, примите удобное положение и сохраняйте спокойствие – любое движение усиливает потерю крови; 7) совместно с другими заложниками участвуйте в наблюдении за действиями террористов; 8) постарайтесь понять намерения захватчиков, рассматривая возможность личного сопротивления; 9) при освобождении заложников группой захвата оставайтесь лежать на полу до окончания операции, подчиняйтесь приказам группы по борьбе с терроризмом. Не покидайте помещения без приказа. При освобождении выходите как можно быстрее.

*Способы выживания человека в экологических ЧС.* Каждому человеку необходимы: 1) знания состояния экологической среды в местах проживания и работы; 2) учитывать воздействие естественных экологических факторов; 3) принимать меры по снижению воздействия антропогенных экологических загрязнений на воздух, пищу, воду, свет и другие источники энергии; 4) вести здоровый образ жизни, выполнять санитарно-гигиенические мероприятия; соблюдать умеренное и сбалансированное питание, режим труда и отдыха; 5) уметь управлять своими эмоциями; отказаться от вредных привычек; соблюдать меры безопасности в быту, на улице и по месту работы; 6) не допускать физических и психических перегрузок и др.; 7) проводить комплекс меропри-

ятий по укреплению здоровья и выживанию в экологических ЧС на базе достижений современной науки; 8) учитывать наличие хронических заболеваний, как наследственных, так и приобретенных в процессе жизнедеятельности, или предрасположенность к ним.

### 1.3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНОГО ОБЪЕКТА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ<sup>44</sup>

(2 часа)

Устойчивость работы хозяйственного объекта – способность объекта выпускать установленные виды продукции в необходимых объемах и номенклатуре в ЧС, а также возможность быстрого восстановления в случае повреждения. Оценка устойчивости работы ПОО к воздействию воздушной ударной волны производят на этапе проектирования объекта для того, чтобы учесть и предупредить физическое разрушение зданий, сооружений и оборудования, не допустить остановки производства.

Воздушная ударная волна представляет собой область резко сжатого воздуха, распространяющегося в разные стороны с огромной скоростью. Передняя граница слоя сжатого воздуха, характеризующаяся резким увеличением давления, называется фронтом ударной волны. Она производит слабые, средние, сильные и полные разрушения.

**Цель работы** – освоить методику оценки устойчивости потенциально-опасного объекта к воздействию воздушной ударной волны при взрыве на предприятии газо-воздушной смеси, дать оценку устойчивости конкретного производства к воздействию воздушной ударной волны, предложить рекомендации по повышению устойчивости объекта.

##### 1.3.1 Порядок выполнения работы

1) Изучить методические указания по выполнению работы. 2) Выписать в тетрадь исходные данные из таблиц 1.3.1 и 1.3.2 для своего варианта. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале группы. 3) Решить задачи и сделать выводы, результаты записать в рабочую тетрадь и по окончании занятия представляет их преподавателю для оценки работы.

##### 1.3.2 Общие положения

Оценка степени устойчивости объекта к воздействию воздушной ударной волны заключается в: 1) выявлении основных элементов объекта (цехов, участков производства, подводящих систем и так далее), от которых зависит

---

<sup>44</sup> Методика, разработанная Е.К. Смирновой, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликована в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ С. 54–64.

устойчивость его функционирования и выпуск необходимой продукции; 2) определении предела устойчивости каждого элемента по нижней границе диапазона давлений, вызывающих средние разрушения,  $\Delta P_{кр1}$  и объекта в целом по минимальному пределу входящих в его состав элементов; 3) сопоставлении найденного предела устойчивости объекта с ожидаемым (расчетным) максимальным значением ударной волны; 4) а также на заключении об устойчивости объекта.

Таблица 1.3.1.

**Исходные данные для определения избыточного давления в районе расположения потенциально-опасного объекта**

№ варианта	Наименование органического вещества	Коэф. взрывоопасности по пропану	Масса органического вещества, т	Расстояние от цеха до емкости с орг. веществом, м
1	Ацетон	1,0	20	600
2	Ацетилен	1,2	15	550
3	Бензол	1,0	16	500
4	Бутан	1,0	25	800
5	Бутилен	1,0	20	700
6	Водород	0,85	25	600
7	Водород цианистый	0,85	30	600
8	Гептан	1,0	18	600
9	Дихлорпропан	1,15	15	650
10	Дихлорэтан	1,15	10	500
11	Диметилпропан	1,0	17	600
12	Дихлорэтилен	1,05	15	650
13	Изобутиловый спирт	1,0	20	700
14	Кокосовый газ	0,9	25	750
15	Метан	1,0	15	600
16	Метиламин	1,1	12	350
17	Нитрорастворитель	0,5	35	500
18	Пропан	1,0	15	550
19	Природный газ	1,0	20	650
20	Сероуглерод	0,4	40	600
21	Сероводород	0,8	30	750
22	Этилен	1,0	17	600
23	Сернистый ангидрид	1,0	15	500
24	Этан	1,0	20	700
25	Ацетон	1,0	10	400
26	Бензол	1,0	5	200
27	Водород	0,85	15	500
28	Пропан	1,0	12	450
29	Сероводород	0,8	20	600
30	Этиловый эфир	1,0	25	650

В выводах и предложениях работы дают рекомендации по повышению устойчивости наиболее уязвимых элементов и объекта в целом.

### 1.3.3 Решение задач

Из табл. 1.3.1 выписывают исходные данные для расчетов. Произошел взрыв ГВС на ПОО: рассчитать по формулам 1.3.1 и 1.3.2 избыточное давление  $\Delta P_{\text{фгвс}}$  во фронте воздушной ударной волны, возникающее при взрыве АХОВ на объекте.

Таблица 1.3.2.

#### Основные элементы потенциально-опасного объекта

№ варианта	Элементы инженерно-технического комплекса объекта
1, 16	Производственное здание с тяжелым крановым оборудованием, станки тяжелые, кузнечно-прессовое оборудование, ковшовые конвейеры, электрокары, контрольно-измерительная аппаратура (КИА)
2, 17	Производственное здание с крановым оборудованием до 50 т, станки тяжелые, электрокары, трубопроводы на железобетонных эстакадах, станки средние, открытые распределительные устройства (ОРУ).
3, 18	Производственное здание с металлическим каркасом, станки средние, кран мостовой, КИА, наземные трубопроводы, ОРУ
4, 19	Производственное здание из сборного железобетона, кран мостовой, станки средние, электрокары, трубопроводы на металлических эстакадах. ОРУ
5, 20	Кирпичное, бескаркасное производственное здание, станки средние, кран мостовой, трубопроводы наземные, КИА, электрокары
6, 21	Производственное здание со сплошным хрупким заполнением стен, кран мостовой, станки средние, электрокары, КИА, станки легкие
7, 22	Производственное здание с железобетонным каркасом, станки средние, трубопроводы. кран мостовой, Электрокары, ОРУ
8, 23	Производственное здание с крановым оборудованием до 50т, кузнечно-прессовое оборудование, станки тяжелые, наземные кабельные линии, ОРУ, электрокары
9, 24	Производственное здание с железобетонным каркасом, станки средние, кран мостовой, ковшовые конвейеры, электрокары, КИА
10, 25	Производственное здание с тяжелым крановым оборудованием, станки тяжелые, электрокары, кузнечно-прессовое оборудование, ОРУ, наземные трубопроводы
11, 26	Производственное здание с металлическим каркасом, кран мостовой, станки средние, электрокары, наземные кабельные линии, КИА
12, 27	Производственное здание из сборного железобетона, станки тяжелые, кран мостовой, наземные трубопроводы, станки легкие, ОРУ
13, 28	Кирпичное бескаркасное производственное здание, станки средние, электрокары, станки легкие, трубопроводы наземные, КИА
14, 29	Производственное здание со сплошным хрупким заполнением стен, кран мостовой, станки средние, ковшовые конвейеры, электрокары, ОРУ
15, 30	Производственное здание с железобетонным каркасом, станки тяжелые, кран мостовой, станки легкие, КИА, наземные трубопроводы

Таблица 1.3.3.

**Степень разрушения элементов цеха (участка) при различных избыточных давлениях ударной волны, кПа**

ЭЛЕМЕНТЫ ЦЕХА (участка)	слабое разру- шение	среднее разрушение	сильное разрушение	полное разрушение
<b>ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ</b>				
- с тяжелым крановым оборудованием	20–40	40–50	50–60	60–80
- с крановым оборудованием, до 50 т	20–30	30–40	40–50	50–70
- с металлическим каркасом	10–20	20–30	30–40	40–50
- с ж\б каркасом	10–20	20–30	30–40	40–50
- из сборного железобетона	10–20	20–30	30–50	50–60
- кирпичное бескаркасное	10–20	20–35	35–45	45–60
- со сплошным хрупким заполнителем стен	10–20	20–30	30–40	40–50
<b>ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕХА</b>				
- станки тяжелые	25–40	40–60	60–70	–
- станки средние	15–25	25–35	35–45	–
- станки легкие	6–12	12–15	15–25	–
- краны мостовые	20–30	30–50	50–70	–
- кузнечно-прессовое оборудование	50–100	100–150	150–250	–
- ковшовые конвейеры	8–10	10–20	20–30	30–50
- открытые распределительные устройства (ОРУ)	15–25	25–35	35–45	45–60
- контрольно-измерительная аппаратура (КИА)	5–10	10–20	–	–
- кабельные наземные линии	10–30	30–50	50–60	–
- трубопроводы наземные	20–30	30–50	130	–
- трубопроводы на металлических и ж\б эстакадах	20–30	30–40	40–50	–
- электрокары	10–20	20–45	45–55	55–80

$$Q_3 = 640K_{эв}Q, \text{ кг}, \quad (1.3.1)$$

где  $Q$  – масса органического вещества, в тоннах,  $K_{эв}$  – коэффициент, учитывающий эквивалентность органического вещества пропану (исходные данные из табл. 1.3.1).

Избыточное давление во фронте ударной волны от взрыва ГВС на расстоянии  $R_i$  (в метрах):

$$\Delta P_{ГВС} = \frac{848Q_3^{1/3}}{R_i} + \frac{3440Q_3^{2/3}}{R_i^2} + \frac{11200Q_3}{R_i^3}, \quad (1.3.2)$$

где  $R_i$  – расстояние от емкости с ГВС до здания (табл. 1.3.1).



Строим график слабых, сильных, средних и полных разрушений для всех элементов производственного объекта (см. табл. 1.3.4), основные элементы производственного объекта указаны в исходных данных (табл. 1.3.2 и табл. 1.3.3).

Таблица 1.3.4.

**Результаты оценки устойчивости<sup>45</sup> объекта к воздействию воздушной ударной волны**

Элементы объекта и их краткая характеристика	Степень разрушения при избыточном давлении, кПа								ΔРкр для каждого объекта, кПа	ΔРкр для производства, кПа
	10	20	30	40	50	60	70	80		
<b>ЗДАНИЕ:</b> одноэтажное кирпичное, бескаркасное, перекрытия из ж/б элементов									20	20
<b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ:</b> -краны и крановое оборудование; -станки тяжелые									30	20
									40	
<b>КЭС</b> (коммунально-энергетические сети) -воздуховоды на металлических эстакадах; -электросеть кабельная наземная									30	20
									30	

График позволяет оценить устойчивость ПОО к воздействию воздушной ударной волны. Используя график, дать оценку воздействия воздушной ударной волны на производственный объект путем сравнения расчетного значения  $\Delta P_{фгвс}$  с критерием устойчивости каждого элемента объекта  $\Delta P_{кри}$  (из графика). В качестве критерия устойчивости элемента объекта  $\Delta P_{кри}$  принимаем нижнее значение диапазона давлений средних разрушений для каждого элемента производственного объекта. Полученные величины заносим в табл. 1.3.4.

<sup>45</sup> В качестве критерия устойчивости элемента объекта принимаем нижнее значение диапазона давлений средних разрушений  $\Delta P_{кри}$

Сравниваем расчетное значение  $\Delta P_{\text{фгвс}}$  с величиной  $\Delta P_{\text{крі}}$  для каждого элемента производства, для этого проводим по графику линию, соответствующую расчетному значению  $\Delta P_{\text{фгвс}}$ .

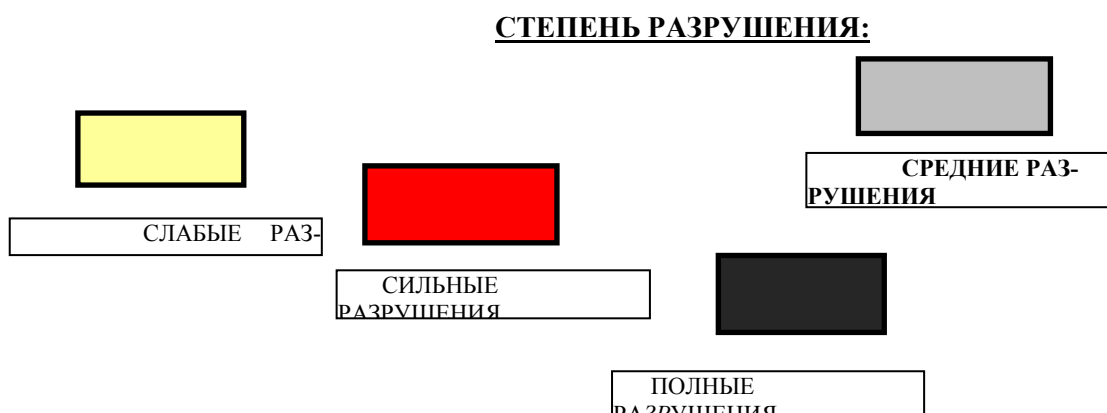


Рис. 1.3.1. Условные обозначения степени разрушения объектов

Оценку устойчивости объекта начинаем производить со здания. Исходим из того, что если здание устойчиво к воздействию ударной волны, т.е. находится в зоне слабых или средних разрушений, то и оборудование не пострадает. В результате сравнения могут быть три случая:

А. Не разрушается ни один элемент.

Б. Разрушается часть элементов, но можно повысить их устойчивость.

В. Разрушается большинство основных элементов, и повысить их устойчивость или невозможно, или нецелесообразно.

Если выполняется условие Б, то необходимо в отчете описать возможные способы повышения устойчивости объекта (табл. 1.3.5).

Если выполняется условие В, то необходимо емкость с ГВС вынести дальше от объекта. Расстояние найти из формулы (1.3.2), если вместо  $\Delta P_{\text{фгвс}}$  подставить минимальное значение  $\Delta P_{\text{крі}}$  (из графика) для ПОО. При расчете последнее слагаемое в формуле 1.3.2 не учитывать. Указать в отчете безопасное расстояние.

Дать предложения по выполнению необходимых мероприятий для повышения устойчивости ПОО к воздействию воздушной ударной волны.

### **1.3.4 Основные способы повышения устойчивости работы производственного объекта**

1) *Повышение устойчивости зданий и сооружений* достигается за счет устройства дополнительных каркасов, рам, подкосов, промежуточных опор, для уменьшения пролета несущих конструкций, а также колонн, балок, металлических или железобетонных поясов.

Увеличение площади световых проемов и остекление их армированным стеклом или прозрачными синтетическими материалами.

Невысокие сооружения для повышения их прочности частично обсыпаясь грунтом.

Высокие сооружения для повышения их прочности (трубы, вышки, башни, колонны) закрепляются оттяжками, рассчитанными на воздействие скоростного напора ударной волны.

Рассредоточенное размещение элементов объекта: Защита емкостей со ХОВ и легковоспламеняющимися жидкостями осуществляется за счет их обваловки – устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости.

2) *Повышение устойчивости технологического оборудования.*

Основные мероприятия – сооружение над оборудованием специальных покрытий в виде кожухов, шатров, зонтов и т. п., защищающих его от повреждения обломками разрушающихся зданий.

Прочное закрепление на фундаментах анкерными болтами оборудования, создающее устойчивость его к действию скоростного напора ударной волны.

3) *Дополнительные мероприятия.*

Максимально сокращаются запасы взрывоопасных, горючих и АХОВ непосредственно на территории объекта, сверхнормативные запасы вывозятся на безопасное расстояние и т.д.

**Выводы**

по работе «Прогнозирование и оценка опасности взрывов и пожаров на объектах» студента \_\_\_\_\_ учебной группы. \_\_\_\_\_ Вариант № \_\_

Таблица 1.3.5.

№ задачи	№ п/п	Расчетная операция	Результат	Оценка
1	1.	Определение эквивалентной массы $Q_0$ органического вещества до аварии		
	2.	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта №1		
	3.	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта №2		
	4.	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта №3		
	5.	Степень разрушения объекта №1		
	6.	Степень разрушения объекта №2		
	7.	Вывод по устойчивости объекта №1. Предложения по повышению устойчивости		
	8.	Вывод по устойчивости объекта №2. Предложения по повышению устойчивости		
	9.	Степень поражения людей (объект №3)		
	10.	Предложения по обеспечению безопасности людей		
2	11.	Определение радиуса огненного шара $r$		
	12.	Определение времени свечения огненного шара $t$		
	13.	Определение плотности потока излучения для объекта №1		
	14.	Определение плотности потока излучения для объекта №2		

15.	Определение плотности потока излучения для объекта №3		
16.	Значение теплового импульса для объекта №1		
17.	Вывод и предложения по повышению устойчивости объекта №1		
18.	Значение теплового импульса для объекта №2		
19.	Вывод и предложения по повышению устойчивости объекта №2		
20.	Значение теплового импульса для объекта №3		
21.	Предложить вариант оказания первой медицинской помощи		

#### **1.4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ДЕМЕРКУРИЗАЦИОННЫЕ РАБОТЫ<sup>46</sup> (2 часа)**

В РБ ежегодно происходит до 200 загрязнений ртутью окружающей среде, чаще в местах массового пребывания людей и в быту. Изучите свойства ртути, правила своего поведения, чтобы сохранить жизнь здоровье себе и окружающим.

Максимальная концентрация насыщенных паров в воздухе при температуре 20 °С составляет 15,2 мг/м<sup>3</sup>. Но уже при концентрации паров ртути в воздухе, равной 0,13–0,80 мг/м<sup>3</sup> наступает острое отравление. Ртуть оказывает поражающее действие на центральную нервную и сердечнососудистую системы, желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, печень, селезенку, почки. Поражающее действие проявляется через 8–24 ч. Развиваются повышенная утомляемость, головокружение, общая слабость, эмоциональная неустойчивость, общая подавленность, ухудшение памяти и умственных способностей, покраснение и кровоточивость десен, повышенное выделение слюны, потливость, боли при глотании, бледность слизистых и кожных покровов, резкое падение массы тела. Летальный исход наступает в течение 6–10 суток.

Поэтому, если обнаружено помещение, загрязненное ртутью, позвоните по телефону службы спасения «101» и вызовите специалистов. Если у Вас дома разбился ртутный термометр или люминесцентная лампа воспользуйтесь знаниями, полученными на занятии, и проведите демеркуризацию сами.

**Цель работы.** Изучить вредное воздействие на человека ртути и ее соединений, научиться действиям по демеркуризации и соблюдению мер безопасности.

**1.4.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить материал занятия; 2) Законспектировать ответы на следующие вопросы: а) Основные свойства ртути и ее воздействие на организм человека. б) Источники ртутной интоксикации

<sup>46</sup> Методика, разработанная В.Т. Пустовитом, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Комплекс мероприятий по защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях». / ч 4. Минск: Изд-во БНТУ С. 115–133.

и порядок сбора пролитой ртути. Меры безопасности. в) Химическая демеркуризация и порядок ее проведения.

Таблица 1.4.1.

**Варианты заданий контрольных тестов**

Номер варианта	Номера вопросов	Примечание
1	3, 4, 21, 13, 28	
2	1,5,10,17,22	
3	2,6, 14, 22, 15	
4	7, 11, 23,27, 3	
5	8,12,19,22, 25	
6	9,5,10,16,22	
7	2, 4, 22, 13, 28	
8	7, 13, 23,27, 4	
9	6,12,19,20, 24	
10	2,6, 14, 22, 15	
11	5, 13, 23,27, 9	
12	7, 13, 10,27, 12	
13	2,12,19,21, 25	
14	1,3,10,16,22	
15	3, 13, 20,26, 4	
16	26, 11, 23,25, 3	
17	3,12,19,4, 25	
18	2,6, 13, 22, 15	
19	1,5,14,17,2	
20	1,12,19,20, 25	
21	6,12,1,22, 27	
22	11, 23,27, 3,7	
23	2,12,1,21, 24	
24	7, 11, 4,27, 3	
25	9, 11, 23,25, 3	
26	8, 13, 23,26, 4	
27	1,3,10,16,21	
28	1,12,19,20, 28	
29	7, 13, 23,27, 4	
30	8,12,19,4, 15	

г) Меры первой медицинской помощи. 3) Выбрать свой вариант тестов по таблице вариантов. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 4) Представить преподавателю для контроля законспектированные ответы на поставленные выше вопросы. Быть готовым ответить на поставленные вопросы преподавателем. 5) Заполнить таблицу тестами своего варианта и ответами на них. Сдать преподавателю для проверки.

**1.4.2 Общие положения**

Ртуть применяется в электротехнике, электронике, приборостроении, металлургии, химии (термометры, барометры, реле, электрические звонки, лампы дневного света, кварцевые ртутные лампы), производстве хлора и щело-

чей, для получения металлов высокой чистоты, как катализатор в органической химии. Из всех соединений ртути наиболее опасна сулема –  $\text{HgCl}_2$ .

Таблица 1.4.2.

### Предельно-допустимые уровни загрязнения металлической ртутью и ее парами

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
ПДК в населенных пунктах (среднесуточная)	мг/м <sup>3</sup>	0,0003
ПДК в жилых помещениях (среднесуточная)	мг/м <sup>3</sup>	0,0003
ПДК воздуха в рабочей зоне (максимальная разовая)	мг/м <sup>3</sup>	0,01
ПДК сточных вод (для неорганических соединений в пересчете на двухвалентную ртуть)	мг/мл	<0,005
ПДК водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения	мг/л	0,0005
ПДК в почве	мг/кг	2,1

Выбросы ртутных паров в атмосферу не создают повышенных концентраций на открытом воздухе. Время жизни паров ртути в атмосфере составляет 3–5 суток, после чего она в виде органических соединений закрепляется на уровне земной поверхности. Предельно-допустимые концентрации металлической ртути приведены в табл. 1.4.2.

Для населения в быту особую опасность представляют разбившиеся ртутные термометры, люминесцентные и ртутные лампы, ртутно-цинковые гальванические элементы (батареи). В помещении объемом до 60 м<sup>3</sup> всегда существует опасность ртутного отравления.

Дети находят флаконы, бутылки с ртутью, приносят их в квартиры, сараи, гаражи, а то и в школы. Разбиваются и термометры; ртуть из них растекается порой в недоступные щели.

Иногда появляются медицинские сообщения и об отравлениях сулемой, каломелью, которые содержат довольно много ртути.

Описаны случаи острого отравления соединениями ртути при употреблении в пищу рыбы, пойманной в закрытых водоемах, где по тем или иным причинам скопилась ртуть в больших количествах. В воде из металлической ртути образуются соединения алкилртути, которые и попадают в организм рыбы.

**Помните:** пары ртути имеют свойство накапливаться на оштукатуренных стенах и впитываться в лакокрасочные покрытия, а также оседать в швах кирпичной кладки, что значительно усложняет процесс обнаружения и дезактивации.

*При обнаружении ртути в помещении*, необходимо, в первую очередь, удалить из него детей, обеспечить максимальное проветривание и незамедлительно сообщить о случившемся (даже если вам кажется, что вы все убрали!) в Центр санитарии и гигиены, дежурной службе по ГО или ЧС, а за неимением возможности обратиться в эти службы – дежурному по УВД.

#### 1.4.2.1 Сбор пролитой ртути

Пролитую ртуть лучше собирать в перчатках с помощью медной пластинки или листочка станиоля (еще с этой целью можно использовать древесные опилки). Сбор ртути проводится от периферии загрязненного участка к его

центру. Необходимым условием этого сбора является ограничение начальной площади загрязнения. Поиск скрытых источников ртутного загрязнения проводится только после тщательного сбора видимой ртути.

Допускается сметать капли ртути мокрой волосяной кистью или щеткой в эмалированный совок, извлекать депонированную ртуть из углублений и щелей при помощи полосок алюминиевой фольги, очищенной цинковой жести или медной (латунной) проволоки. Чтобы ртуть хорошо прилипала к медным изделиям, перед употреблением их промывают обезжиренным растворителем. После контакта с ртутью их обрабатывают в разбавленной азотной кислоте и промывают водой. Медными кисточками ртуть можно собрать под слоем воды или других органических жидкостей.

Очень мелкие (пылевидные) капельки ртути (до 1 мм) могут собираться влажной фильтрованной или газетной бумагой. Бумага размачивается в воде до значительной степени разрыхления, отжимается и в таком виде употребляется для протирки загрязненных поверхностей. Капельки ртути прилипают к бумаге и вместе с ней переносятся в герметичную емкость.

Ртуть в герметичной таре должна быть отдана на утилизацию в санитарно-эпидемиологическую службу. Не выбрасывайте ртуть в мусоропровод! Это касается и тряпки, которой Вы мыли пол, и емкости с опасным элементом.

#### 1.4.2.2 Химическая демеркуризация

Самая тщательная уборка не обеспечивает полного извлечения ртути с зараженных поверхностей. Поэтому вторым этапом проводимых работ является химическая демеркуризация, представляющая процесс воздействия на металлическую ртуть различными соединениями, которые снижают скорость испарения ртути путем перевода ее в оксиды и соли с меньшей упругостью паров, а также облегчают ее последующее удаление с зараженных поверхностей.

Химической обработке поверхности предшествуют: 1) сбор видимой металлической ртути; 2) удаление продуктов коррозии (ржавчины); 3) снятие старых некондиционных антикоррозийных покрытий.

Последующая демеркуризация эмульгирует ртуть, превращая ее и ее соединения в мало летучие вещества. Наиболее употребляемые демеркуризаторы: 1) мыльно-содовый раствор (4% раствор мыла в 5% водном растворе соды); 2) 20% водный раствор хлорида железа; 3) 5–10% водный раствор полисульфида натрия или кальция; 4) 20% водный раствор хлорной извести; 5) 4–5% раствор моно- и дихлорамина; 6) 5–10% водный раствор соляной кислоты; 7) 10% водный раствор сульфата меди или иодида калия.

Расход демеркуризатора на 1 м<sup>2</sup> площади составляет 0,15–1,0 л. Время обработки 1 м<sup>2</sup> загрязненной поверхности включает: 1) нанесение демеркурирующих растворов – 10 минут; 2) экспозиция демеркуризации – от 8 до 48 часов; 3) смыв и влажная уборка – 15 минут.

Различают три степени загрязнения ртутью: 1) незначительное загрязнение – содержание ртути не превышает 0,0001 мг в 1 г материала конструкции; 2)

среднее загрязнение – 0,001 мг/г; 3) высокий уровень загрязнения – 0,01 мг/г и выше.

В зависимости от глубины проникновения ртути в различные материалы и конструкции эти материалы или удаляют из помещений или производят депонирование с применением непроницаемых для ртути составов: грунтовок, шпатлевок, эмалей и лаков.

Используется два основных способа очистки сточных вод от ртути и ее соединений, которые удовлетворяют санитарным требованиям. Один из них основан на осаждении ионов ртути в виде практически нерастворимых сульфидов ртути, а второй – на использовании сильноосновных катионов (например, сульфоуголь), полностью поглощающих ионы ртути.

#### 1.4.2.3 Порядок проведения демеркуризации бытовых помещений

Рекомендуется следующий порядок демеркуризации: 1) проведение первичного обследования помещения, подлежащего демеркуризации; 2) выявление источников, характера и объемов загрязнения; 3) оценка объемов демеркуризационных работ; 4) подготовка помещения к демеркуризации: вынос оборудования и контроль степени загрязнения; 5) механический сбор металлической ртути, ликвидация потенциальных источников ртути; 6) тщательная уборка помещений от пыли и интенсивное их проветривание; 7) применение химических демеркуризаторов и смывающих средств; 8) интенсивное проветривание помещений, двухразовый контроль загрязнения; 9) при необходимости увлажнять удаляемый со стен, потолка и пола материал (штукатурку, подпольную засыпку и т.п.); 10) складировать загрязненный ртутью мусор на водонепроницаемой подстилке и своевременный (не позже 2–3 суток) вывоз его в места, отведенные для захоронения твердых отходов, закрепленным для этого транспортом. После этого транспорт подвергается химической демеркуризации.

1.4.2.4 **Влажная уборка объекта** проводится на заключительном этапе ликвидации загрязнения объекта металлической ртутью после каждого этапа демеркуризации. Мытье поверхностей осуществляется нагретым до 70–80 °С мыльно-содовым раствором с нормой расхода 0,5–1,0 л/м<sup>2</sup>. Раствор готовится растворением 4% мыла в 5% водном растворе кальцинированной соды. Вместо мыла допускается использование технических 0,3–1% водных растворов моющих бытовых стиральных порошков.

Уборка завершается тщательной обмывкой поверхностей водопроводной водой и протираaniem их ветошью насухо.

#### 1.4.2.5 Требования безопасности при проведении демеркуризационных мероприятий

Запрещается: 1) находиться на загрязненном ртутью объекте людей, не связанных с выполнением работ и не обеспеченных средствами индивидуальной защиты; 2) принимать пищу, пить, курить, расстегивать одежду и снимать средства индивидуальной защиты; 3) выливать собранную ртуть в канализацию; 4) содержать, даже кратковременно, собранную ртуть вблизи



нагревательных приборов; 5) хранить собранную ртуть, а также твердые и жидкие отходы нельзя хранить на объекте даже временно; 4) все приспособления, посуда и инвентарь, используемые для сбора ртути и демеркуризации должны храниться на объекте до завершения работ в отдельных закрытых помещениях.

В качестве СИЗ следует использовать 1) промышленные противогазы типа «Г», 2) респираторы газо-пылезащитные при демеркуризации относительно небольших количеств ртути.

После окончания работ те, кто проводил обработку должны: 1) очистить одежду и обувь от пыли, резиновые сапоги обмыть водой (не снимая средств защиты); 2) принять душ; 3) прополоскать полость рта 0,25% раствором перманганата калия; 4) тщательно почистить зубы.

#### 1.4.2.6 Первая медицинская помощь

Различают острые и хронические отравления ртутью. Острые отравления парами ртути чаще случаются в производственных условиях – в аварийных ситуациях или при грубых нарушениях правил техники безопасности. Но в последние годы мы все чаще слышим и о бытовых отравлениях ртутью.

Ртуть и ее соединения обладают выраженным нейротоксическим действием. При остром *отравлении парами ртути* первые признаки проявляются в период от 8 до 24 часов с момента отравления. Это: 1) общая слабость, 2) головная боль, 3) боль при глотании, повышение температуры до 37,7-38 °С. На первый план выступают насморк, кашель, частый жидкий стул, сонливость чередуется с периодами возбуждения, а на четвертые сутки развиваются симптомы почечной недостаточности. При попадании ртути и ее соединений *внутрь через желудочно-кишечный тракт* клинические проявления более серьезны. Возникают резкие боли в животе, по ходу пищевода, рвота, а через несколько часов – понос с кровью. При осмотре больного видна медно-розовая окраска слизистых оболочек рта и глотки. Набухают шейные лимфатические узлы. Во рту ощущается металлический вкус, отмечается слюнотечение, кровоточивость десен. Несколько позже появляется темная кайма сернистой ртути на деснах. Со второго–третьего дня развиваются симптомы почечной недостаточности («сулемовая почка»). Рано появляются возбужденность, повышение артериального давления. При анализе крови обнаруживается анемия.

Первая помощь при остром отравлении ртутью: 1) уложить пострадавшего на носилки и вынести на свежий воздух. При попадании ртути внутрь: 2) производится промывание желудка, после чего больному дают 20-30 г активированного угля и обильное питье – для более быстрого вывода ядовитых соединений с мочой; 3) постараться вызвать рвоту, повторить эту процедуру и после очередного приема воды. Воду лучше давать с растворенными в ней соединениями серы, размешанным порошком яичного белка или активированного угля. Сера преобразует ртуть в нерастворимые и практически нетоксичные сульфиды, которые выводятся с калом. Рекомендуют дать выпить молока. 4) Оказав пострадавшему первую медицинскую помощь, следует

вызвать врача или доставить его в лечебное учреждение, где и проводится основное лечение.

При бытовых отравлениях, если пострадавший без сознания, уложите его так, чтобы голова была повернута набок. Это предотвратит попадание содержимого желудка в дыхательные пути. При западании языка, а также судорогах, когда челюсти крепко сомкнуты и препятствуют нормальному дыханию, осторожно запрокиньте голову пострадавшего, выдвиньте нижнюю челюсть вперед и вверх, чтобы он мог дышать. Необходимо срочно промыть желудок пострадавшему водой с 20-30 г активированного угля или дать несколько таблеток активированного угля (1 таблетка на 10 кг массы тела), выпить молока и вызвать врача.

При небольшом количестве ртути в помещении симптомы отравления могут не появляться месяцами. Это приведет к хроническому отравлению, о чем свидетельствуют воспаление десен, боль в желудке, воспаление легких, слабость, сонливость, головную боль. Характерна эмоциональная неустойчивость, раздражительность, апатия. Наблюдаются также снижение умственных способностей, ослабление внимания и памяти. Постепенно начинает развиваться дрожание кончиков пальцев рук, затем – ног, а после и всего тела. Снижается обоняние, кожная чувствительность, усиливается потливость, возникает нарушение ритма сердечной деятельности.

#### 1.4.2.7 Хранение ртути

Хранение ртути, используемой в промышленных целях, производится в стальных баллонах, в количестве не более 35 кг в каждом, а также в толстостенных керамических или стеклянных баллонах емкостью 500 мл с металлической гофрированной пробкой с прокладкой из пластмассы. В каждый баллон заливается 5 кг ртути.

В лабораторных условиях ртуть хранится в толстостенной стеклянной посуде с притертыми пробками на вакуумной смазке. Однако основным способом хранения является хранение в запаянных стеклянных ампулах по 30–40 мл в каждой, которые, в свою очередь, помещаются в сварные стальные коробки.

Не разрешается хранить ртуть в тонкостенной посуде, а также в любой открытой посуде.

#### 1.4.3 Тесты для контроля знаний

1. Допускается ли перевозить ртуть и ртутьсодержащие вещества в стальной таре?

*Ответы:* А) допускается. Б) не допускается.

2. Что такое абсорбция?

*Ответы:*

А) Поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела или жидкости.

Б) Поглощение вещества из газовой или жидкой среды всей массой другого вещества.

В) поглощение вещества из газовой или жидкой среды твердым телом.

3. К какому классу опасности среди высокотоксичных веществ относятся ртуть?

*Ответы:* 1,2,3,4

4. В каком максимальном объеме помещения разбитый ртутный медицинский термометр может создать опасные для здоровья концентрации?

*Ответы:* 20 м<sup>3</sup>, 30 м<sup>3</sup>, 50 м<sup>3</sup>, 60 м<sup>3</sup>, 100 м<sup>3</sup>.

5. В какой кислоте ртуть хорошо растворима?

*Ответы:* А) разбавленная серная кислота. Б) разбавленная соляная кислота. В) разбавленная азотная кислота. Г) разбавленная фосфорная кислота.

6. При каких концентрациях паров ртути в воздухе возможны острые отравления людей?

*Ответы:* а) 0,05–0,93 мг/м<sup>3</sup>; б) 0,13–0,80 мг/м<sup>3</sup>; в) 0,10–0,55 мг/м<sup>3</sup>; г) 0,28–0,45 мг/м<sup>3</sup>.

7. Можно ли отнести ртуть к кумулятивным ядам?

*Ответы:* а) да. б) нет.

8. Через какое время проявляется поражающее действие ртути?

*Ответы:* а) через 5–10 часов; б) через 8–24 часа; в) через 2–5 часов.

9. Назвать основной путь поступления металлической ртути в организм человека.

*Ответы:* а) через органы дыхания; б) через органы пищеварения; в) через кожные покровы; г) через слизистые оболочки.

10. Можно ли хоронить вещества, загрязненные ртутью?

*Ответы:* а) на городских свалках; б) в местах захоронения твердых отходов; в) выбрасывать в водоемы; г) выливать в канализацию.

11. Указать рекомендуемую норму расхода мыльно-содового раствора при проведении влажной уборки в ходе демеркуризационных работ.

*Ответы:* а) 0,2–0,3 л/м<sup>2</sup>; б) 0,3–0,5 л/м<sup>2</sup>; в) 0,5–1 л/м<sup>2</sup>; г) 1,0–1,5 л/м<sup>2</sup>.

12. Какой раствор рекомендуется использовать для полоскания рта при обнаружении признаков поражения ртутью?

*Ответы:* а) раствор хлорида кальция; б) раствор хлорида цинка; в) раствор хлорида железа; г) раствор сульфида натрия.

13. Какой раствор рекомендуется использовать для полоскания рта по окончании демеркуризационных работ?

*Ответы:* а) раствор хлорида кальция; б) раствор перманганата калия; в) раствор хлорида железа; г) раствор иодида калия.

14. Во сколько раз пары ртути тяжелее воздуха?

*Ответы:* а) в 5 раз; б) в 7 раз; в) в 10 раз; г) в 2 раза.

15. Взаимодействует ли ртуть с сероводородом?

*Ответы:* а) да; б) нет.

16. Способна ли ртуть сорбироваться на конструкционных материалах?

*Ответы:* а) да; б) нет.

17. Какой натуральный продукт является противоядием для ртути?

*Ответы:* а) молоко; б) кофе; в) яичный белок; г) апельсиновый сок; д) крепкий чай.

18. Какие количества сулемы способны вызвать летальный исход?

*Ответы:* а) 0,05–0,09 г; б) 0,1–0,5 г; в) 0,01–0,04 г; г) 0,001–0,009 г.

19. Какие вещества называют амальгамами?

*Ответы:* а) содержащие ртуть; б) вещества, используемые для химической демеркуризации;

20. Через какие органы выделяется ртуть из организма?

*Ответы:* а) через почки; б) через органы дыхания; в) через печень.

21. При каких значениях концентраций (среднесуточная) паров ртути в помещении существует опасность для человека?

*Ответы:* а) 0,00001–0,00007 мг/м<sup>3</sup>; б) 0,0001–0,0002 мг/м<sup>3</sup>; в) 0,0003–0,0005 мг/м<sup>3</sup>.

22. Где применяется ртуть?

*Ответы:* а) в электронике; б) металлургии; в) в производстве сахара; г) при переработке молока; д) в производстве хлора.

23. При каких значениях концентраций (среднесуточная) паров ртути в населенном пункте существует опасность для человека?

*Ответы:* а) 0,007–0,009 мг/м<sup>3</sup>; б) 0,0001–0,0002 мг/м<sup>3</sup>; в) 0,0003–0,0005 мг/м<sup>3</sup>.

24. Признаки острого отравления ртутью?

*Ответы:* а) боли в коленках; б) сильный кашель; в) сонливость; г) нет реакции на болевые раздражители; д) шок.

25. Время, отводимое на влажную уборку для обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности после демеркуризации?

*Ответы:* а) 5 минут; б) 7 минут; в) 15 минут; г) 20 минут; д) 30 минут.

26. Какая должна быть экспозиция демеркуризации 1 м<sup>2</sup> загрязненной ртутью поверхности ?

*Ответы:* а) 1 час; б) 3 часа; в) 5 часов; г) 35 часов; д) 3 суток.

27. Когда необходимо проветривать помещение, загрязненное ртутью?

*Ответы:* а) до демеркуризации; б) после демеркуризации; в) в процессе демеркуризации; г) постоянно на всех этапах.

28. В каких баллонах можно хранить ртуть?

*Ответы:* а) в стеклянных; б) в медных; в) в стальных; г) из пластмассы.

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 1**

1. Каковы цели, задачи и структура учебной дисциплины?
2. Какие имеются источники угроз для личности, общества и государства, изложенные в Концепции национальной безопасности?
3. Какое место и роль учебной дисциплины в системе мер по обеспечению безопасности?
4. Обоснуйте безопасность, как базовый фактор устойчивого развития человеческого общества.
5. Какие известны основные понятия теории безопасности.
6. Дайте определение опасности, и приведите их классификацию и идентификацию.
7. Какие существуют основные положения теории риска?
8. Какие известны методы определения риска?

9. Что известно об общей схеме управления риском?
10. Как проводится системный анализ проблем безопасности?
11. Уровни безопасности.
12. Какие вы знаете принципы, методы, способы и средства обеспечения безопасности?
13. Приведите понятие комплексной безопасности.
14. Что такое ЧС и как их классифицируют?
15. Как обеспечивается безопасность жизнедеятельности в ЧС?
16. Какие физиологические и психологические возможности человека выживать в ЧС?
17. Что известно о человеке, как эколого-биологической и энергетической систем?
18. Какие особенности функционирования организма при взаимодействии с окружающей средой?
19. Какая степень уязвимости биологических систем при воздействии внешних факторов риска?
20. Какова философия и психология выживания человека в ЧС?
21. Какие известны способы саморегуляции поведения и психического состояния человека в ЧС?
22. Что понимается под «Устойчивостью работы объекта экономики»?
23. Дать характеристику степени слабых, средних, сильных и полных разрушений для промышленных зданий.
24. Что понимается под критерием (пределом) устойчивости  $\Delta P_{\text{кри}}$  для каждого элемента объекта?
25. В чем заключается методика оценки устойчивости промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны?
26. Какие существуют способы и мероприятия повышения устойчивости работы промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны?

## 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ (лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 2 часа).

### 2.1 ЛЕКЦИЯ: ПРИРОДНЫЕ И БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ (2 часа)

**План лекции:** *Природные ЧС. Опасные процессы и явления в геосфере, как источники природных ЧС, их возможные последствия для здоровья населения, экономики и природной среды в РБ. ЧС, вызванные опасными метеорологическими, гидрологическими, геологическими, геофизическими явлениями, а также пожарами в природных экосистемах. Биолого-социальные и другие ЧС биологического характера. Классификация болезнетворных микроорганизмов и вызываемые ими заболевания. Классификация инфекционных заболеваний. Особо опасные инфекционные болезни людей, домашних и сельскохозяйственных животных. Особо опасные болезни и вредители сельскохозяйственных растений. Формы распространения инфекционных заболеваний. Зоны и очаги биологического поражения. Биологические неинфекционные поражения людей.*

«По мере роста населения, распространения научно-технических достижений и усложнения структуры общества человек становится все более уязвимым для экстремальных природных явлений, ущерб от которых связан не только с их распространением, но и с неопределенностью их наступления» (Э. Ю. Уайт, 1978).

Транспорт химических веществ между тропосферой и стратосферой вызывает истощение, либо увеличивает количество озона в тропосфере, а конвективные процессы в тропосфере играют важную роль в формировании *природных ЧС* на Земле. В РБ наиболее вероятными природными ЧС являются наводнения, ураганы, лесные и торфяные пожары, ливни, засухи, смерчи. Они наносят огромный материальный ущерб, вызывают различные заболевания иногда с человеческими жертвами.



«Последний день Помпеи<sup>47</sup>»,  
Брюллов К.П.

*Природная ЧС* (ГОСТ Р 22.0.03-97) – обстановка на определенной территории, или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника природной ЧС, который может повлечь или повлечет за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

<sup>47</sup> Извержение Везувия 24 августа 79 г. привело к гибели трёх городов – Помпеи, Геркуланум, Стабии, нескольких небольших селений и вилл.

*Опасные природные явления* – это *события* природного происхождения, или их *результаты*, по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности *оказывающие поражающее воздействие* на людей, объекты экономики и природную среду. Они оказывают физические, химические и биологические воздействия на окружающую среду. Эти действия наносят ущерб транспортным коммуникациям, промышленным и сельскохозяйственным предприятиям, населенным пунктам, природной среде, здоровью людей, приводя к их гибели.



Рис. 2.1.1. Опасные ветры

пыльная буря, суховей, сильные осадки, засуха, заморозки, туман, гроза, природный пожар (ГОСТ 22.0.03-97).

Природные ЧС делят на опасные метеорологические процессы и явления (опасные ветры, рис. 2.1.1) грозы, молнии, град, продолжительные дожди, ливни, засуху, гололед, туман и др.), опасные гидрологические явления и процессы (наводнения, половодья, паводки, заторы, зажоры, нагоны и др.), опасные геологические явления и процессы (землетрясения, вулканические извержения, обвалы, оползни и др.) и природные пожары (лесные, торфяные и полевые – горят созревшие хлеба).

Некоторые из них называют *стихийными бедствиями* (катастрофами). Это разрушительные природные процессы, вызывающие гибель людей в результате воздействия на них ядовитых раскаленных газов и лавы при извержениях вулканов, приливной волны при цунами и тайфунах, водно-грязевых потоков при селях и т.д., а также в результате травматизма при разрушении жилых и общественных зданий, производственных объектов и технических сооружений; уничтожение сельскохозяйственной продукции на полях и плантациях, в хранилищах и на складах; гибель сельскохозяйственных животных; разрушение коммунальной инфраструктуры, в том числе электросетей, систем связи, водопровода и канализации. Последнее обстоятельство часто приводит к массовым вспышкам инфекционных заболеваний после стихийных бедствий. 9/10 стихийных бедствий в мире относится к че-

Источником природных ЧС являются опасные природные явления или процессы, причиной возникновения которых могут быть: землетрясение, вулканическое извержение, оползень, обвал, сель, карст, просадка в лесных грунтах, эрозия, переработка берегов, цунами, лавина, наводнение, подтопление, затор, штормовой нагон воды, сильный ветер, смерч,



Рис. 2.1.2. Наиболее распространенные природные катастрофы в мире

тырем типам: 1) наводнения (32%), 2) тропические циклоны (32%), 3) землетрясения (12%), 4) засухи (10%, рис. 2.1.2).

Число жертв на планете, вызванных стихийными бедствиями только за период с 1947 по 1970 г. составило 1192 тыс. погибших. Материальный ущерб, наносимый мировой экономике стихийными бедствиями, составляет около 30 млрд. долларов США ежегодно (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1.

### Основные виды стихийных бедствий в Беларуси

Стихийное бедствие	Основной критерий	Поражающий фактор и последствия
Пожар	Температура	Тепловое воздействие, жертвы, материальный ущерб
Сильный ветер (ураган, смерч)	Скорость ветра	Скоростной напор, человеческие жертвы, уничтожение материальных ценностей
Обледенение, снегопад	Количество осадков более 20 мм за 12 ч	Уровень заноса, обрывы проводов, поражение людей, человеческие жертвы
Пыльная буря	Скорость ветра	Скоростной напор, уничтожение посевов, плодородных почв
Наводнение	Подъем уровня воды	Затопление суши, разрушения, человеческие жертвы

*Биолого-социальные* ЧС (ГОСТ Р 22.0.04-95) – состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования сельскохозяйственных животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потерь сельскохозяйственных животных и растений. *Источниками их являются* 1) массовые инфекционные и другие заболевания людей и домашних животных; 2) массовые поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями.

Вызываются патогенными для человека, животных и растений возбудителями болезней. Передаются от заражённого организма здоровому и принимают эпидемическое распространение.

*Микроорганизмы, вызывающие заболевания, делят на:* 1) патогенные бактерии – одноклеточные организмы, имеющие клеточную оболочку и не имеющие клеточного ядра. Вызывают такие заболевания, как сибирская язва, чума, холера, туберкулёз, сап, туляремия и др.; 2) вирусы – инфекционные агенты субмикроскопических размеров и являющиеся внутриклеточными паразитами клеток животных, растений и бактерий. Изучают их с помощью электронного микроскопа. Вызывают ветряную оспу, трахому, бешенство, краснуху, герпес, грипп, желтуху, полиомиелит, энцефалит и др.; 3) риккетсии – похожие на бактерии микроорганизмы, паразитирующие у членистоногих. Являются внутриклеточными паразитами, т.к. размножаются в клеточной цитоплазме и в ядре. Заболевания, вызываемые риккетсиями: сыпной тиф, кле-



щевая пятнистая лихорадка, лихорадка цуцугамуши, Ку-лихорадка, везикулярный риккетсиоз, риккетсиозы животных, крысиный риккетсиоз и др.; 4) простейшие мелкие микроскопические животные, состоящие из одной клетки. Известно свыше 15 тыс. видов простейших. Они ведут паразитический образ жизни у многих животных и человека, вызывая различные заболевания. Вызываемые у человека заболевания: лейшманиоз, лямблиоз, трипаномоз, трихомонадные заболевания, токсоплазмоз, кокцидоз, пневмоцистоз, саркоспоридиоз, малярия и др. (табл. 2.1.2).

Таблица 2.1.2.

**Инфекционная заболеваемость населения при ЧС**

Болезнь	Страна или города	Вид ЧС, год	Число заболевших
Малярия	Гаити Перу Эквадор Колумбия	Ураган, 1963	75 000
		Наводнение, 1983	18 560
		Наводнение, 1984	29 000
		Землетрясение, 1983	49
Гастроэнтериты	Индия Ямайка	Циклон, 1977 Наводнение, 1979	2 150 70
Брюшной тиф	Ашхабад Ленинград Пуэрто-Рико	Землетрясение, 1948	Рост на 36%
		Наводнение, 1979	Рост на 50%
		Ураган, 1956	Рост на 23%
Гепатит, диарея	Колумбия	Землетрясение, 1983	241 15 000

*Особо опасными инфекционными болезнями являются:*

У человека: 1) Дизентерия – инфекционная болезнь, вызываемая микробами, сопровождающаяся патологическими изменениями в толстом кишечнике, повышением выделительной функции кишечника, интоксикацией. 2) Дифтерия – острое инфекционное заболевание, протекающее с интоксикацией, воспалительным процессом в зева, глотке, гортани, трахее, носу и др. органах с образованием налётов, сливающихся с некротизированной тканью слизистых оболочек. 3) Сибирская язва - инфекционная болезнь человека, проявляющаяся в виде единичных, групповых заболеваний и вспышек, которая протекает в виде кожной, лёгочной, кишечной и септической форм. 4) СПИД – синдром приобретенного иммунного дефицита, возникающий под влиянием вируса. Источник вируса – больной человек. Вирус передаётся через кровь или половым путём. Инкубационный период от нескольких месяцев до 5 лет. Смертность достигает 70%.

У сельскохозяйственных и домашних животных: 1) Бешенство – острое вирусное заболевание животных, особенно собак, лисиц и др., характеризующееся поражением центральной нервной системы, очень опасно для человека. Заражение наступает при укусах и попадании слюны животного в организм др. животных и человека. 2) Бруцеллёз – инфекционное заболевание домашних (собаки, кошки) и диких животных, опасен и для человека. Передача инфекции происходит при поедании мяса, молока от больных бруцеллёзом коров, овец, свиней. 3) Инфекционный гепатит – вирусное заболевание собак и других плотоядных (песцов, лисиц, волков) с поражением печени. 4) Столб-

няк – раневая бактериальная инфекция многих видов животных и человека. Проявляется спазматическим сокращением мускулатуры.

У сельскохозяйственных растений. Известны более 68000 *особо опасных болезней и вредителей сельскохозяйственных растений*. Наиболее опасными из них являются: 1) Жёлтая ржавчина пшеницы – грибковое заболевание. Поражает пшеницу, ячмень, рожь и др. злаки. Пшеница поражается во все периоды вегетации при наличии жидкой формы заражения. Поражается чаще во время мягкой зимы, тёплой весны и прохладного лета. Урожайность падает на 50-100%. 2) Колорадский жук – вредитель, размером 9-11 мм. Весной выходит из почвы. Самка откладывает яйца на нижнюю сторону картофельного листа. 3) Стеблевая ржавчина пшеницы и ржи – одно из опасных заболеваний этих растений. Поражает в основном стебли и листовые влагалища злаков. Быстро распространяется. 4) Фитофтороз картофеля – заболевание, вызывающее гибель поражённой ботвы в период образования клубней и массовое гниение их в земле. На нижней части поражённых листьев образуется белый пушистый налёт, представляющий собой споры гриба. Быстрее распространяется в дождевую погоду. Вызывает падение урожая на 15–20% и более.

Формы (пути) распространения инфекционных заболеваний следующие: 1) *воздушно-капельная* – она характерна для ветряной оспы, туберкулеза, коклюша, гриппа; 2) *фекально-оральная*, при которой выделяют а) *водную* – характерную, например, для холеры, и б) *алиментарную* – характерную, например, для дизентерии; 3) *трансмиссивный путь* – связан с передачей возбудителя через укусы кровососущих насекомых (клещевой энцефалит, сыпной тиф); 4) *контактно-бытовая*, которая, в свою очередь делая на: а) *прямой контакт* (от источника к хозяину), в том числе заболевания, передающиеся половым путем, включая ВИЧ-инфекцию; б) *косвенный контакт* (через промежуточный объект), – руки (при раневой инфекции, кишечных инфекциях) или различные предметы, в том числе и медицинского назначения (при гнойно-воспалительных заболеваниях и парентеральных гепатитах); 5) *искусственный* (артифициальный) путь распространения инфекционных заболеваний, связанный с врачебными манипуляциями: а) *трансмиссивный* (парентеральные и внутривенные инъекции) и б) *контактно-бытовой* путь передачи (лабораторные обследования с использованием приборов медицинского назначения – бронхоскопов, цистоскопов и т.д.).

*Биологическое оружие* является оружием массового поражения, которое может приводить к заражению и гибели не только людей, оно также негативно влияет на животных и растения. Действие данного вида оружия основывается на использовании вредных, болезнетворных микроорганизмов, к числу которых относятся грибки, риккетсии, бактерии и даже некоторые токсины, которые вырабатываются бактериями. Главным составляющим любого биологического оружия являются болезнетворные микроорганизмы. Однако из одних только бактерий создать оружие не получится – нужны еще и средства доставки, в качестве которых могут выступать авиационные контейнеры и бомбы, ракеты, артиллерийские снаряды, аэрозольные распылители и пр. Известны случаи, когда для заражения своего противника отступающие войска

оставляют зараженные продукты питания, одежду и т.д. В таком случае заражение происходит после контакта с опасными предметами.

*Очагом бактериологического поражения* считают города, населенные пункты или объекты экономики, которые подверглись заражению бактериальными средствами, вызвавшими распространение инфекционных заболеваний среди людей и животных. Для предотвращения инфекционных заболеваний среди населения в очаге поражения проводят: 1) экстренную профилактику; 2) обсервацию и карантин; 3) санитарную обработку людей и дезинфекция зараженных объектов. 4) дезинсекцию – для уничтожения насекомых и дератизацию – для уничтожения клещей и грызунов; вакцинацию и экстренную профилактику антибиотиками, которые убивают попавших в организм микробов.

В случае особо опасных заболеваний (оспы, чумы, холеры) вводят карантин – 1) полную изоляцию населенных пунктов, 2) запрещение въезда-выезда и свободное передвижение внутри зоны, 3) прекращение работы торговых предприятий, учебных и культурно-просветительных заведений, 4) максимальное разобщение рабочих и служащих по цехам и отделам. 5) бактериологическую разведку и обеззараживание территории, выявление заболевших, их изоляцию и лечение.

На территории, прилегающей к зоне карантина, устанавливают режим обсервации – менее строгий режим, чем карантинный: усиление медицинского контроля, экстренную профилактику, прививки, лечение заболевших, дезинфекция очагов заболеваний, санитарно-просветительная работа. В первую очередь надо защититься от попадания возбудителей инфекционных заболеваний в органы дыхания, пищеварения, на кожу и слизистые оболочки. Для этого используют убежища, противогазы, противопылевые тканевые или ватно-марлевые повязки и специальную одежду.

При обнаружении бактериологического заражения – немедленно принять антибактериальное средство № 1 из аптечки АИ-2 и надеть противогаз. Самостоятельно выходить из очага бактериологического заражения и контактировать с окружающими лицами запрещается. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены.

К источникам неинфекционной эпидемии XXI века можно отнести такие *биологические неинфекционные поражения людей*, как заболевания сердечно-сосудистой и эндокринной систем, онкологические болезни, ожирение и др. Примерами таких заболеваний являются 1) диабет (нарушение обмена простых углеводов), 2) гипертония (повышение артериального давления), 3) повышение содержания жирных кислот в крови (липидемия, холестеринемия – способствуют развитию атеросклероза), 4) ревматизм (поражение соединительной ткани), 5) аллергия, иммунодефициты (нарушения работы иммунной системы). Аллергенами являются все соединения, которые могут вызывать у живых организмов, пыльца растений, бытовая пыль, лекарственные препараты, пищевые продукты растительного и животного происхождения, химические вещества и пр. Они могут попадать в организм из внешней среды с воз-

духом. Эти совсем неинфекционные заболевания приняли характер эпидемий, даже пандемий, и стали поражать людей в более молодом возрасте.

Некоторые токсины (яды) биологического происхождения вырабатываются в самом организме человека, но большая часть известных веществ вырабатывается морскими беспозвоночными и растениями. Все известные биологические токсины разделяют по мишени действия в организме человека на: миоксичные яды<sup>48</sup>, гематические яды<sup>49</sup>, нефротоксины<sup>50</sup>, гемотоксины<sup>51</sup>, кардиотоксины<sup>52</sup>, некротоксины<sup>53</sup>, нейротоксины<sup>54</sup>, гемолитические токсины<sup>55</sup> и пр.

Факторами риска развития многих неинфекционных заболеваний являются: 1) курение, 2) злоупотребление алкоголем, 3) нерациональное питания (избыточно калорийное, биологически неполноценное (многих, необходимых организму веществ, в рационе недостает), несбалансированное), 4) гиподинамию (низкая двигательная активность с низкими затратами энергии – гипокинезия и гиподинамия приводят к детренированности физиологических и биохимических систем, ответственных за энергообеспечение организма), 5) психоэмоциональный стресс.

## 2.2 ЛЕКЦИЯ: ТЕХНОГЕННЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ (2 часа)

**План лекции:** *Техногенные ЧС. Транспортные аварии (катастрофы), пожары, неспровоцированные взрывы или их угроза, аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных химических, радиоактивных, биологических веществ, внезапное разрушение сооружений и зданий, аварии на инженерных сетях и сооружениях жизнеобеспечения, гидродинамические аварии на плотинах, дамбах и других инженерных сооружениях. Экологические ЧС. Классификация ситуаций экологического неблагополучия. Воздействие опасных естественных экологических факторов на здоровье человека и на процессы в биологической среде. Экологические ЧС, вызванные физическими, химическими и биологическими загрязнениями природной среды. Последствия для здоровья человека комбинированного воздействия вредных экологических факторов.*

---

<sup>48</sup> Миоксичные яды – яды, повреждающие мышцы.

<sup>49</sup> Гематические яды – яды, затрагивающие кровь.

<sup>50</sup> Нефротоксины – токсины, которые повреждают почки.

<sup>51</sup> Гемотоксины – токсины, которые повреждают кровеносные сосуды и вызывают кровотечение.

<sup>52</sup> Кардиотоксины – токсины, которые повреждают сердце

<sup>53</sup> Некротоксины – токсины, которые разрушают ткани, вызывая их омертвление (некроз).

<sup>54</sup> Нейротоксины – яды, поражающие нервную систему и мозг.

<sup>55</sup> Гемолитические токсины – токсины, которые повреждают эритроциты.



Рис. 2.2.1. Техногенные катастрофы

ные аварии, сопровождающиеся человеческими жертвами (рис. 2.2.1).



Рис. 2.2.2. Дорожно-транспортные происшествия

аварии, химические аварии, биологические аварии, гидродинамические аварии, транспортные аварии, аварии на магистральном трубопроводе, аварии на подземных сооружениях.

*Техногенная ЧС* (ГОСТ 22.0.05-97) – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде. Техногенные ЧС подразделяются на аварии и катастрофы. Катастрофы – это крупные аварии, сопровождающиеся человеческими жертвами (рис. 2.2.1).

Их классифицируют по месту возникновения и по характеру основных поражающих факторов источника ЧС. Источник техногенной ЧС – опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла техногенная ЧС (табл. 2.2.1).

Согласно ГОСТ 22.0.05-97, техногенные ЧС по видам делят на: радиационные

Таблица 2.2.1.

**Классификатор техногенных чрезвычайных ситуаций по месту возникновения и характеру воздействия источника ЧС**

Код	Наименование чрезвычайной ситуации
200	Техногенные чрезвычайные ситуации
210	Промышленные аварии
211	Химическая авария
212	Радиационная авария
213	Биологическая авария
214	Гидродинамическая авария
220	Пожары и взрывы
221	Пожар
222	Взрыв
230	Транспортная авария
231	Железнодорожная авария
232	Дорожно-транспортное происшествие
233	Авария на магистральном трубопроводе
234	Авиационная катастрофа
235	Авария на морском (речном) транспорте
240	Несанкционированное размещение отходов производства и потребления в окружающей природной среде

*Транспортные аварии и происшествия* составляют более 50% аварий и катастроф в экономике. Любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека. В зависимости от вида транспортной аварии возможно получение множественных травм и ожогов, в том числе опасных для жизни человека.

ДТП – это транспортная авария, возникшая в процессе дорожного движения с участием транспортного средства и повлекшая за собой гибель людей и (или) причинение им тяжелых телесных повреждений, повреждения транспортных средств, дорог, сооружений, грузов или иной материальный ущерб (наезды на пешеходов, столкновение транспортных средств, их опрокидывание и др., рис. 2.2.2). В РБ ежегодно происходит от 7000 до 8000 ДТП, при этом ежегодно погибают 1,5–2 тыс. человек, травмы и ранения получают несколько тысяч человек, многие становятся инвалидами.

*Железнодорожная авария* – авария на железной дороге, повлекшая за собой повреждение одной или нескольких единиц подвижного состава железных дорог до степени капитального ремонта и (или) гибель одного или нескольких человек, причинение пострадавшим телесных повреждений (сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы на подвижном составе, столкновение поездов между собой). *Железнодорожная катастрофа* – железнодорожная авария с человеческими жертвами.

*Аварии и катастрофы на воздушном транспорте* – опасное происшествие на воздушном судне, в полете или в процессе эвакуации, приведшее к гибели или пропаже без вести людей, причинению пострадавшим телесных повреждений, разрушению или повреждению судна и перевозимых на нем материальных ценностей (разгерметизация самолета, пожар в самолете, удар при падении или посадке самолета).

*Аварии и катастрофы на нефте-и газопроводах* – это аварии на трассе трубопроводов, связанные с выбросом или выливом под давлением опасных химических или пожаро-взрывоопасных веществ, приводящие к возникновению техногенных ЧС (выброс или вылив опасных химических или пожаро-взрывоопасных веществ).

*Пожар* сопровождается горением – химической реакцией окисления с выделением большого количества тепла и света. *Взрывы* – это быстрые химические превращения с образованием сильно нагретых газов, которые из-за расширения и огромного давления способны произвести механическую работу.

Для горения и взрыва необходимы горючие вещества, окислители (кислород, хлор, фтор, окислы азота, бром) и источника загорания (импульса). Их источниками являются: емкости с легковоспламеняющимися, горючими или ядовитыми веществами; склады взрывоопасных и сильно дымящих составов; взрывоопасные технологические установки, коммуникации, разрушение которых приводит к пожарам, взрывам и загазованности территории; железные дороги и др. Пожары в крупных населенных пунктах могут быть: 1) отдельными – возникают в отдельном здании или сооружении, 2) массовыми – горит более 25% зданий, 3) сплошными – пламенем охвачено до 90% зданий.

По пожаро- и взрывоопасности объекты экономики (ОЭ) делят на категории (ГОСТ 12.1.004-91, ОНТП 24-96): 1) Категория А (взрыво- и пожароопасные) – горючие газы, ЛВГЖ с температурой вспышки ниже 28 °С в количестве, достаточном для образования ТВС и УВВ с избыточным давлением более 5 кПа; 2) Категория Б (взрыво- и пожароопасные) – горючие пыли, волокна, ЛВГЖ с температурой вспышки выше 28 °С в количестве, достаточном для образования взрывоопасных ГВС и УВВ с избыточным давлением более 5 кПа; 3) Категории В1–В4 (пожароопасные) – горючие и трудногорючие материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или другими веществами только гореть; 4) Категория Г – негорючие материалы в горячем состоянии, при обработке которых выделяется световая энергия, искры или пламя; 5) Категория Д – предприятия по холодной обработке и хранению металла и других несгораемых материалов.

В результате аварии на химически опасном объекте<sup>56</sup> (ХОО) возникает очаг химического поражения<sup>57</sup> (ОчХП), характеризующийся длиной и шириной *зоны непосредственного загрязнения*. *Зона химического загрязнения* – территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены опасные химические вещества в концентрациях и количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени (рис. 2.2.3).

В свою очередь зону распространения АХОВ делят на зону смертельной концентрации и зону поражающей концентрации. ОчХП – территория, в пределах которой в результате аварии на химически опасном объекте произошли массовые поражения людей, животных и растений. Ее размеры зависят от количества АХОВ в «выбросе», их типа, характера выброса, метеоусловий, рельефа местности, характера застройки, растительности и др.

ХОО имеют 4 степени опасности: 1-я степень – в зону загрязнения попадает более 75 тыс. человек, масштаб загрязнения – региональный, загрязнение воздуха сохраняется несколько суток, а загрязнение воды – от нескольких суток до нескольких месяцев; 2-я степень – в зону загрязнения попадают 40–75 тыс. человек, масштаб загрязнения – местный, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких часов до нескольких суток, а загрязнение воды – до нескольких суток; 3-я степень – в зону загрязнения попадает менее 40 тысяч человек, масштаб объектовый, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких минут до нескольких часов, загрязнение воды – от нескольких часов до нескольких суток; 4-я степень – зона загрязнения не выходит за пределы санитарно-защитной зоны или за территорию объекта, масштаб – локальный, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких минут до нескольких часов, загрязнение воды – от нескольких часов до нескольких суток.

---

<sup>56</sup>ОЭ – объект экономики, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений.

<sup>57</sup>Территория, в пределах которой произошло массовое поражение людей, животных и растений.

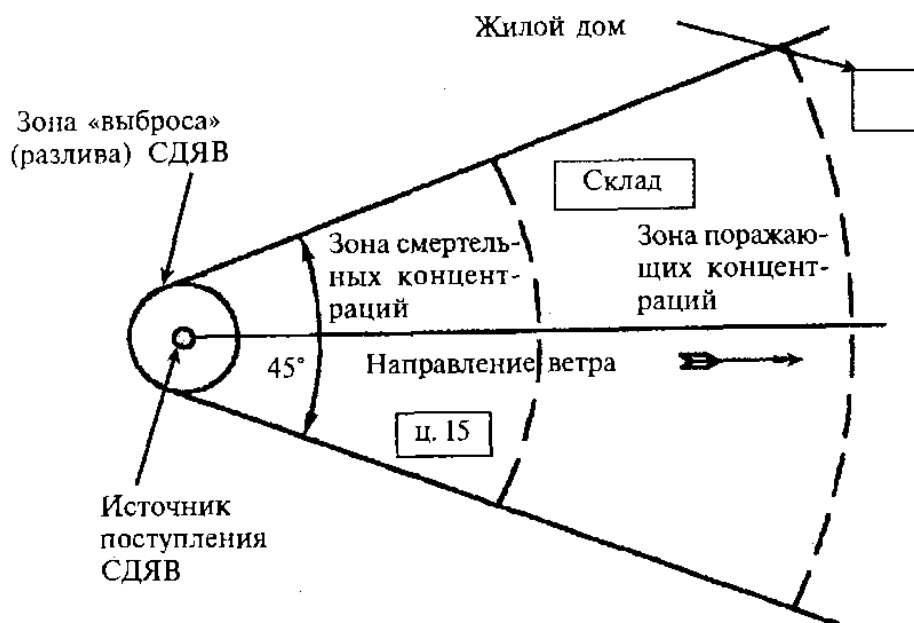


Рис. 2.2.3. Вид очага химического поражения при выбросе АХОВ (СДЯВ)

*Токсичность* – это способность ОВ оказывать поражающее действие на живой организм. Определяется токсической дозой. Токсодоза – количественная характеристика токсичности ОВ, соответствующая определенному эффекту поражения. По степени токсичности химические вещества делят на: 1) *чрезвычайно токсичные* (смертельная концентрация менее 1 мг/л, токсодоза менее 1 мг/кг, т.е. вызывает смерть у 50% пораженных); 2) *высоко токсичные* (1–5 мг/л и 1–5 мг/кг, соответственно); 3) *сильно токсичные* (смертельная концентрация 6–20 мг/л или 1–5 мг/кг соответственно); 4) *умеренно токсичные* (21–80 мг/л и 501– 5000 мг/кг, соответственно); 5) *мало токсичные* (смертельная доза 81 – 160 мг/л и 5001 – 15000 мг/кг, соответственно); 6) *практически нетоксичные* (смертельная доза свыше 160 мг/л и 15000мг/кг соответственно).

По синдрому<sup>58</sup> интоксикации АХОВ делят на семь групп: 1. вещества с преимущественно удушающим действием (хлор, треххлористый фосфор, оксидхлорид фосфора, фосген, хлорпикрин, хлорид серы, гидразин и др.); 2. вещества общеядовитого действия (оксид углерода синильная кислота, водород мышьяковистый, динитрилфенол, динитроортокрезол, этиленхлоргидрин, акролеин и др.); 3. вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием (сернистый ангидрид, сероводород, оксиды азота, акрилонитрил); 4. нейротропные яды, т.е. вещества, воздействующие на генерацию и передачу нервного импульса (ртуть, метилмеркаптан, оксид этилена, сероуглерод, фосфорорганические соединения и др.); 5. вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием: аммиак, ацетонитрил, кислота бромистоводородная, метил бромистый, метил хлористый и др.; 6. метаболические яды: дихлорэтан, оксид этилена и др.; вещества, нарушающие обмен веществ в организме (диоксины, бензофураны, диметилсульфат, формальдегид и др.).

<sup>58</sup> Совокупность признаков поражения.



Класс опасности АХОВ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 2.2.2, по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Отравление людей АХОВ при авариях и катастрофах происходит при попадании их в организм через легкие, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

Таблица 2.2.2.  
59

**Класс опасности АХОВ в воздухе рабочей зоны**

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	более 10,0
ЛД <sub>50ж</sub> при введении в желудок, мг/кг массы тела	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
ЛД <sub>50к</sub> при нанесении на кожу, мг/кг массы тела	менее 100	10–500	501–2500	более 2500
ЛД <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500–5000	5001–50000	более 50000
КВИО	более 300	300–30	29–3	менее 3
З <sub>зод</sub>	менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	более 54,0
З <sub>хр</sub>	более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	менее 2,5

Характер и тяжесть поражений определяются следующими основными факторами: видом и характером токсического действия, степенью токсичности, концентрацией химических веществ на пострадавшем объекте (территории) и сроками воздействия на человека. Признаками отравления – явления раздражения (кашель, першение и боль в горле, слезотечение и резь в глазах, боли в груди, головная боль) и нарастание, и развитие явлений со стороны центральной нервной системы (головная боль, головокружение, чувство опьянения и страха, тошнота, рвота, состояние эйфории, нарушение координации движений, сонливость, общая заторможенность, апатия и т.п.).

*Радиационно опасный объект (РОО)* – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества и при аварии на котором (или его разрушении) может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное заражение (загрязнение) людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов экономики, а также окружающей природной среды (ГОСТ Р 22.0.05.-94). В период нормального функционирования РОО, с целью профилактики и контроля выделяют две основные зоны безопасности. Первая – *санитарно-защитная зона* – территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения

<sup>59</sup> ПДК<sub>рз</sub> – предельная допустимая концентрация вещества вредных веществ в воздухе рабочей зоны; ЛД<sub>50ж</sub> – летальная доза химических веществ, вызывающая при введении гибель 50%; ЛД<sub>50к</sub> – то же при нанесении на кожу; ЛД<sub>50</sub> – средняя смертельная концентрация в воздухе; КВИО – коэффициент возможности ингаляционного отравления – отношение максимально достижимой концентрации вещества в воздухе при 20 °С к летальной концентрации (ЛД<sub>50</sub>); З<sub>зод</sub> – зона острого действия, как отношение ЛД<sub>50</sub> к ПК<sub>ост</sub>; ПК<sub>ост</sub> – пороговая концентрация острого действия, установленная на лабораторных животных при однократном ингаляционном действии; З<sub>хр</sub> – зона хронического действия, как отношение ПК<sub>ост</sub> к ПК<sub>хр</sub>; ПК<sub>хр</sub> – пороговая концентрация хронического действия, установленная на лабораторных животных при ингаляционном действии по 4 часа пять раз в неделю на протяжении 4-х месяцев.

людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превышать установленный предел дозы облучения для населения и где запрещается постоянное и временное проживание людей, вводится режим ограничения хозяйственной деятельности и проводится радиационный контроль. Вторая – *зона наблюдения*. Представляет собой территорию за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

*Радиационная авария* – это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды. Они могут произойти на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения, на предприятиях ядерно-топливного цикла. Опасны также аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом радиоактивных веществ на борту, аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах, аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения или установки, утрата радиоактивных источников. Люди, проживающие в непосредственной близости от них должны быть готовыми в любое время суток принять меры по защите себя и своих близких в случае возникновения опасности.

*Аварии с выбросами биологических веществ* могут произойти: 1) на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях); 2) на транспорте с выбросами (угрозой выброса) БОВ; Обнаружение (утрата) БОВ.

*Внезапное обрушение зданий, сооружений* – это обрушение производственных зданий и сооружений, обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения, обрушение элементов транспортных коммуникаций

*Авариями на электроэнергетических системах* являются аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей, аварии на электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий, выход из строя транспортных электроконтактных сетей.

Примерами *аварий на коммунальных системах жизнеобеспечения* являются аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на тепловых сетях (система горячего водоснабжения) в холодное время, аварии в системах снабжения населения питьевой водой, аварии на коммунальных газопроводах.

*Аварии на промышленных очистных сооружениях* – это аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ.

*Гидродинамическими авариями* являются прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений, прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием прорывного па-

водка, прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях.

*Экологическая ЧС* – это обстановка, сложившаяся на данной территории или акватории в результате возникновения источника ЧС (рис. 2.2.4), который повлек или может повлечь за собой разрушение отдельных экологических систем, ухудшение здоровья населения и сокращение продолжительности жизни.

*Классификация экологических ЧС.* 1) По происхождению их делят на вызванные: а) воздействием на человека естественных экологических факторов; б) антропогенными экологическими загрязнениями природной среды и потреблением ресурсов; в) некоторыми опасными природными, техногенными, биологическими и социальными событиями, процессами или явлениями.



Рис. 2.2.4. Нарушение экологического баланса

Экологические ЧС антропогенного происхождения делят: По месту и среде возникновения на: 1) вызванные загрязнением космоса, 2) атмосферы, 3) гидросферы, 4) физической среды, 5) литосферы, 6) геологической среды. По характеру загрязнений на вызванные: 1) физическими загрязнениями природной среды (механическим, тепловым, электромагнитным, шумовым, вибрациями, радиоактивным, световым и др.); 2) химическим загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы аэрозольными, газообразными

веществами, тяжелыми металлами, пестицидами, нефтепродуктами, канцерогенными веществами и др.; 3) биологическим загрязнением природной среды (биотическим, микробиологическим, применением геной инженерии); 4) информационным загрязнением природной среды; 5) комбинированным загрязнением природной среды. По масштабам на: 1) глобальные, 2) региональные, 3) локальные, 4) точечные (табл. 2.2.3–2.2.4). Последствия экологических ЧС видны на рис. 2.2.5.

Таблица 2.2.3.

### Классификация загрязнений атмосферы

Уровень загрязнения	Число загрязнений			
	2 – 3	4 – 9	10 – 20	Более 20
Допустимое загрязнение	2	3	4	5
Умеренное загрязнение	2,1 – 4	3,1 – 6	4,1 – 8	5,1 – 10
Слабое загрязнение	4,1 – 8	6,1 – 12	8,1 – 16	10,1 – 20
Сильное загрязнение	8,1 – 16	12,1 – 24	16,1 – 32	20,1 – 40
Очень сильное загрязнение	16	24	32	40

Классификация экологической обстановки по степени экологического неблагополучия представлена в табл. 2.2.5.

Зона чрезвычайной экологической ситуации – территория, в пределах которой в результате хозяйственной или иной деятельности, разрушительного действия стихийных сил природы, аварии происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью людей, состоянию естественных экологических систем, природному генетическому фонду.

Зона экологического бедствия – территория, в пределах которой в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения среды, ведущие к существенному ухудшению здоровья населения, нарушению природного равновесия, разрушению естественных экологических систем, деградации почв, флоры и фауны.

Зона экологической катастрофы – это территория где происходит переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает ее непригодной для жизни человека.



Рис. 2.2.5. Последствия экологических ЧС

Качество окружающей среды влияет на здоровье населения. По степени опасности для здоровья человека среди химических загрязнителей первенство принадлежит тяжелым металлам, хлорированным углеводородам, пестицидам, нитратам, нитросоединениям, асбесту.

Очень опасными для здоровья являются радионуклиды, токсины микроорганизмов, лекарственные средства (синтетические химические соединения, антибиотики и др.), а также загрязнители биологического происхождения (бактерии, вирусы, паразиты, простейшие, грибковые).

Наиболее опасными и токсичными из тяжелых металлов являются свинец, ртуть, кадмий, никель, мышьяк и др. Установлена связь между количеством обнаруженных в воде и почве кадмия и уровнем появления злокачественных новообразований у населения экологически неблагоприятных районов. Развиваются значительные расстройства здоровья людей, особенно у таких малоустойчивых групп, как дети, беременные женщины, пожилые люди, больные хроническими заболеваниями.

К экологическим ЧС, вызванным *физическим загрязнением* природной среды, относят:

– *Механическое загрязнение* – засорение окружающей среды агентами, оказывающими, главным образом, неблагоприятное механическое воздействие. Это, в основном, различные виды отходов.

Таблица 2.2.4.

### Классификация загрязнения вод<sup>60</sup>

Класс загрязнения	Текстовое описание	Величина ИЗВ
1	Очень чистая	Менее 0,3
2	Чистая	0,3 – 1
3	Умеренно загрязненная	1 – 2,5
4	Загрязненная	2,5 – 4
5	Грязная	4 – 6
6	Очень грязная	6 – 10
7	Чрезвычайно грязная	Более 10

– *Тепловое загрязнение* связано с глобальным потеплением климата в связи с выбросами тепла работающими АЭС, ТЭС, промышленными предприятиями и системами коммунального хозяйства, «парниковым» эффектом, уменьшением толщины озонового слоя, снижением альбедо Земли в связи с оседанием сажи на снеговой покров и изменением структуры подстилающей поверхности; интенсивное глобальное истребление лесов – главных утилизаторов углекислого газа.

– *Электромагнитное загрязнение*, созданное как естественными, так и искусственными источниками излучений. Источниками излучений являются передатчики радиовещательных и телевизионных станций, СВЧ-установки, радиолокационные станции, линии электропередач, электрические линии переменного тока, некоторые промышленные установки, медицинские и другие приборы с генераторами высоких и сверхвысоких частот и др. Вызывают у человека повышенную утомляемость, сонливость, бессонницу, головокружение, рассеянность, головную боль, ухудшение памяти, повышенную чувствительность к яркому свету, периодическое потемнение в глазах, чувство страха, периодические боли в области сердца и желудка.

– *Шумовое загрязнение*, вызванное звуками, несущими полезной информацией. Источниками их являются автотранспорт, трамваи, железнодорожный транспорт, предприятия, инженерная и военная техника, летящие самолеты, бытовая техника и т.д. Шумовое загрязнение свыше установленных норм мо-

<sup>60</sup> ИЗВ – индекс загрязнения вод (в настоящее время – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ)),  $ИЗВ = \sum(C_i/PДК_i):6$ , где  $C_i$  – среднее значение концентрации загрязняющих веществ, мг/л; 6 лимитируемое число загрязняющих веществ, включая растворенный кислород, азот аммонийный, азот нитритный;  $PДК_i$  – биологическая потребность в кислороде, усредненная за 5 суток. УКИЗВ рассчитывается как средний обобщенный оценочный балл по всем анализируемым показателям, частота и кратность превышения ПДК по нескольким показателям. Может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16 (для чистой воды – 0). Большому значению индекса соответствует худшее качество воды. Для этого анализируют не меньше 15 показателей: растворенный в воде кислород, биохимическое потребление кислорода – БПК<sub>5</sub>(O<sub>2</sub>), химическое потребление кислорода – ХПК, фенолы, нефтепродукты, нитрит-ионы (NO<sub>2</sub>), нитрат-ионы (NO<sub>3</sub>), аммоний-ион (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), железо общее, медь (Cu<sub>2</sub><sup>+</sup>), цинк (Zn<sub>2</sub><sup>+</sup>), никель (Ni<sub>2</sub><sup>+</sup>), марганец (Mn<sub>2</sub><sup>+</sup>), хлориды, сульфаты.

жет вызвать ухудшение состояния здоровья при периодических воздействиях шумов; сокращение срока жизни на 8–12 лет при постоянном воздействии шумов в течение нескольких лет; миграцию животных и отсутствие потомства; отрицательное воздействие на некоторые виды растений.

Таблица 2.2.5.

**Состояния природы и соответствующие им экологические ситуации, по Н.Ф. Реймерсу (1990)**

Состояние природы	Экологические ситуации	Название	Влияние на здоровье
Равновесное	Скорость восстановительных процессов выше или равна темпу антропогенных нарушений	Благополучная	Среда не оказывает отрицательного влияния на здоровье людей
Кризисное	Скорость антропогенных процессов превышает темпы самовосстановления, но еще не происходит коренного изменения систем	Напряженная	Показатели здоровья ниже нормы, но еще не наблюдается массового сокращения срока жизни и более ранней инвалидности
Критическое	Обратимая замена существующих экосистем на менее продуктивные, частичное опустынивание	Напряженная (экологич. ЧС)	Показатели здоровья, как правило, ниже нормы
Катастрофическое	Трудно обратимое восстановление экосистем. Интенсивно идут процессы опустынивания	Экологическое бедствие	Показатели здоровья и продолжительности жизни населения достоверно ниже нормы
Коллапс	Необратимая утеря экосистемами биологической продуктивности	Экологическая катастрофа	Происходит распад экосистем, территории становятся непригодными для жизни человека

ЧС, вызванные *химическим загрязнением* среды – увеличение количества химических компонентов в определенной среде, а также проникновение в нее химических веществ, не свойственных ей, или в концентрациях, превышающих норму. Различают: 1) загрязнение атмосферы: а) естественными источниками загрязнения: пыльными бурями, лесными пожарами, вулканами и др., б) искусственными источниками загрязнения: объектами энергетики, промышленностью, транспортом, сельским хозяйством, объектами коммунального хозяйства, авиацией.

Загрязнение атмосферы в Республике Беларусь *осуществляют предприятия и транспорт*, которые ежегодно выбрасывают в атмосферу около 1 млн. 240 тыс. тонн оксида углерода, более 170 тыс. тонн оксидов азота, более 300 тыс. тонн углеводородов и летучих органических соединений.

*Оксид углерода* (угарный газ) – бесцветный газ, без запаха, 4 класса опасности, время его «жизни» в атмосфере – 2–4 месяца, взаимодействуя с кислородом, превращаясь в углекислый газ, обладает общеядовитым действием. Вызывает головную боль, снижение умственной активности, стук в висках,

сонливость, тошноту, рвоту, ухудшение остроты зрения, нарушения психомоторных функций. Смертельная доза приводит к гибели человека.

*Диоксид серы* (сернистый газ) – бесцветный газ, 3 класса опасности, время его «жизни» в атмосфере составляет от нескольких часов до нескольких суток. Продолжительное воздействие сернистого газа на человека ведет к возникновению хронического гастрита, гепатопатии, бронхита, ларингита, рака легких, заболевания почек.

*Оксиды азота* – бесцветные газы, 2 класса опасности, сохраняются в атмосфере до 3-х суток. Воздействуя на человека, оксиды азота (NO и NO<sub>2</sub>) вызывают бронхит и пневмонию, увеличивают восприимчивость к вирусным заболеваниям, могут вызвать заболевания легких, в том числе рак, необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе, наследственную, генетическую и хромосомную мутации.

2) *Загрязнение гидросферы* (нефтью и нефтепродуктами, фенолами, формальдегидом, нитратами, соединениями фтора, солями серной кислоты, аммиаком, марганцем, тяжелыми металлами, радионуклидами). В гидросферу ежегодно сбрасывается около 60 млрд. т промышленных и бытовых стоков, около 10 млн. т нефти и нефтепродуктов, много других вредных веществ. Основными источниками загрязнения природных вод являются: атмосферные воды, несущие вымываемые из воздуха загрязнители промышленного происхождения; при стекании эти воды увлекают с собой мусор, фенолы, кислоты и т.д. (примерно 1%); городские сточные воды, преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, микроорганизмы, в том числе патогенные (примерно 74%); промышленные сточные воды (примерно 25%). Попадая в организм человека вместе с пищей и питьевой водой, загрязнители гидросферы вызывают как отравления, так и различные заболевания, которые проявляются через несколько лет.

3) *Загрязнение литосферы* (пестицидами, тяжелыми металлами, канцерогенными веществами, нитратами, диоксинами и их соединениями, отходами). Источниками химического загрязнения почвы являются жилые дома и бытовые предприятия, промышленные предприятия, теплоэнергетика, сельское хозяйство, транспорт. *Пестициды* подавляют иммунную систему, нервную систему, поражают почки, вызывают цирроз печени и хронический гепатит, приводят к мутагенным последствиям, заболеваниям раком. Тяжелые металлы нарушают биохимические процессы в организме, вызывают поражение почек, печени, зрения, желудка, нервной и сердечно-сосудистой системы, нарушают детородную функцию, вызывают параличи и заболевания крови.

*Комбинированное действие вредных факторов* – это многофакторное воздействие, эффект которого более значительный, чем при изолированном действии того или иного фактора. Оно вызывает такие заболевания, как вегетососудистая дистония, астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы (воздействие неионизирующих излучений), вибрационная болезнь, кохлеарный неврит (систематическое воздействие производственного шума), электроофтальмия, катаракта глаз и др.

## **2.3 ЛЕКЦИЯ: ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ УГРОЗЕ, ВЕДЕНИИ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ ИЛИ ВСЛЕДСТВИЕ ЭТИХ ДЕЙСТВИЙ (2 часа)**

**План лекции:** *Опасности и ЧС, возникающие (возникшие) при угрозе, ведении военных действий или вследствие этих действий. Краткая характеристика ядерного, химического и биологического оружия и возможные последствия их применения. Современные обычные средства поражения и возможные последствия их применения. ЧС, вызванные возможным применением информационного оружия.*

Военная опасность – состояние межгосударственных и международных отношений, характеризующееся угрозой войны. Она является следствием политики государств, коалиций, социальных групп, стремящихся к достижению своих экономических, политических, национальных и других целей с помощью военной силы. Военная опасность может быть: 1) потенциальной и 2) реальной. Потенциальная опасность возникает с приходом к власти политических группировок, делающих ставку на силовое решение существующих внутренних и внешних проблем. Реальной опасность становится, когда эти группировки начинают реализовывать свои устремления, осуществляя подготовку государства к войне. Во время войны могут использовать ядерное оружие.

*Ядерное оружие* является оружием массового поражения, т.к. наносит поражение огромному количеству живых организмов и вызывает разрушения на значительных территориях. Состоит из ядерных боеприпасов, средств доставки их к цели (носителей) и средств управления. К оружию относят боевые части ракет и торпед, ядерные бомбы, артиллерийские снаряды, мины и др. Действия ядерного оружия основаны на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления ядер изотопов урана и плутония или при термоядерных реакциях синтеза ядер изотопов водорода (дейтерия, трития). Критическая масса для урана составляет 24 кг, а для плутония – 8 кг. Минимальные размеры урановой бомбы менее 50 кг. Размер плутониевой бомбы составляет примерно объём теннисного мяча. Критическая масса образуется после соединения изолированных частей изотопов обычным взрывным устройством.

В конце 80-х годов ядерные государства мира имели около 50000 ядерных боеприпасов общей мощностью 13000 Мт, из них стратегических ядерных боеголовок около 24000 общей мощностью 12000 Мт. В настоящее время их количество снижается.

Разновидность ядерного оружия являются нейтронные боеприпасы с термоядерным зарядом малой мощности. Поражающее их действие определяется воздействием на человека потока быстрых нейтронов и  $\gamma$ -лучей. Применяется для поражения живой силы противника при максимальном сохранении материальных ценностей.



*Поражающие факторы ядерного оружия: Ударная волна* – область резкого сжатия среды, которая в виде сферического слоя распространяется во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью (рис. 2.3.1).

Различают ударную волну в воздушной, водной среде и в грунте – сейсмо-взрывные волны. По степени воздействия на здания и сооружения различают полное, сильное, среднее и слабое разрушения.

По своей природе *световое излучение* ядерного взрыва – совокупность видимого света и близких к нему по спектру ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Длительность светового излучения ( $T$ ) можно определить по формуле:

$$T = 0,1q^{1/3}, \quad (2.3.1)$$

где  $T$  – время свечения в секундах;  $q$  – тротильный эквивалент в тоннах.

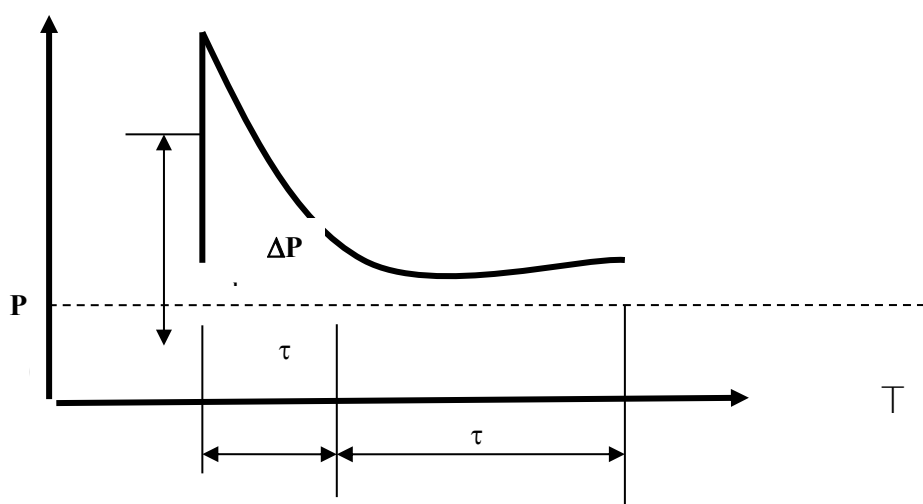


Рис. 2.3.1. Параметры ударной волны

$P$  – давление воздуха;  $P_0$  – нормальное атмосферное давления воздуха;  $T$  – текущее время;  $\tau^+$  – фаза сжатия;  $\tau^-$  – фаза разрежения.

*Проникающая радиация* – один из поражающих факторов ядерного оружия. Она представляет собой  $\gamma$ -излучение и поток нейтронов, испускаемые в окружающую среду из зоны ядерного взрыва. Выделяемые  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы, имеющих малую длину свободного пробега, воздействие на людей и материалы не оказывают.

*Электромагнитный импульс* ядерного взрыва (ЭМИ) – кратковременные электрические и магнитные поля.

*Радиоактивное загрязнение* окружающей среды возникает в результате выпадения радиоактивных веществ (РВ) из облака ядерного взрыва. Радиоактивное загрязнение вызывают: 1) продукты деления веществ, составляющих ядерный материал (более 200 радиоактивных изотопов 36-ти химических элементов); 2) некоторые химические элементы, входящие в состав грунта (натрий, кремний и др.), ставшими радиоактивными под влиянием потока нейтронов ядерного взрыва; 3) некоторая часть ядерных материалов в продукты взрыва, не участвующая в реакции деления и попадающая в окружающую среду виде мельчайших частиц.

В результате ядерного взрыва образуется *очаг ядерного поражения* (ОчЯП) – территория, на которой возникают массовые разрушения, пожары, завалы, загрязнение местности и жертвы. Площадь его (рисунок 2.3.2) с достаточной точностью определяется площадью круга с радиусом, равным зоне слабых разрушений, т.е. расстоянию, на котором наблюдается избыточное давление 10 кПа (0,1 кг/см<sup>2</sup>).

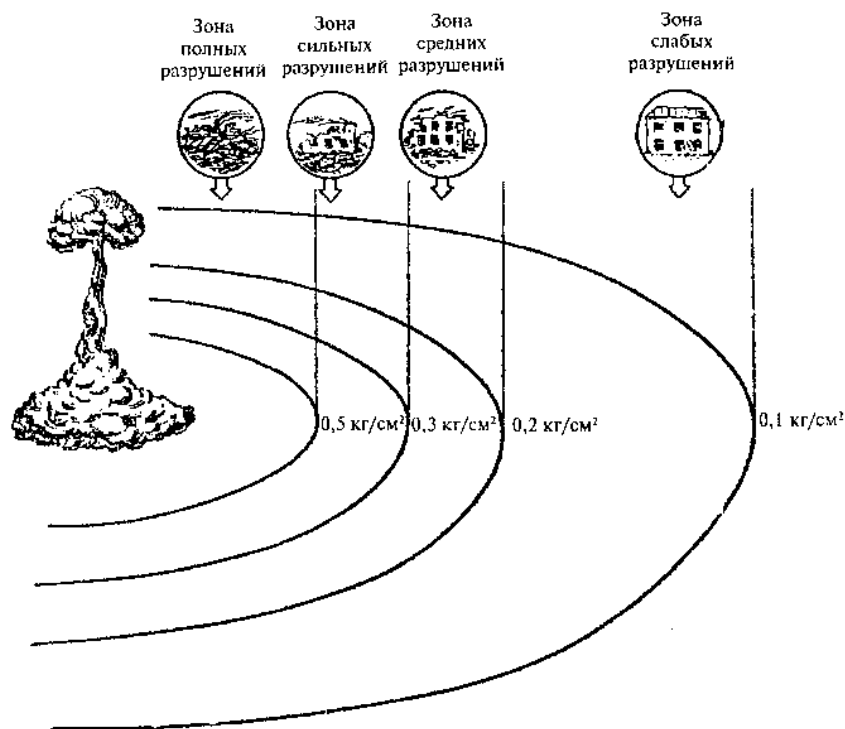


Рис. 2.3.2. Зоны очага ядерного поражения

Эта граница определяется мощностью, видом и высотой взрыва, характером застройки. Для приблизительного сравнения радиусов зон ОчЯП при ядерных взрывах различной мощности можно использовать формулу:

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}}, \quad (2.3.2)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  - радиусы зон поражения, м;  $q_1$  и  $q_2$  - мощности соответствующих ядерных боеприпасов, кг.

В ОчЯП различают следующие зоны: 1. *Зону полных разрушений* с избыточным давлением ударной волны 50 кПа и более. Площадь зоны составляет 10–12% от общей площади очага поражения. Здания разрушаются полностью, пожаров нет (пламя сбито ударной волной). 2. *Зона сильных разрушений* с избыточным давлением 50–30 кПа. Площадь ее составляет 8–10% от общей площади очага. Здания получают сильные разрушения и восстановлению не подлежат. Наблюдаются сплошные пожары. 3. *Зона средних разрушений* с избыточным давлением 30–20 кПа. Площадь зоны – 18–20% от общей площади очага. Здания получают средние разрушения и подлежат капитальному ремонту. Сохраняются массовые пожары. 4. *Зона слабых разрушений* с избыточным давлением 20–10 кПа. Площадь зоны составляет 60–70%. Здания получают слабые разрушения и подлежат текущему ремонту. Наблюдаются отдельные пожары.

*Возможные последствия ядерной войны.* 1) Прямые потери от поражающих факторов ядерных взрывов. В первые дни погибнет примерно 1 млрд. 150 млн. человек, столько же будет тяжело раненных, умрет не менее 70%. 2) Наступит «ядерная ночь» за счёт дыма и пыли, т.к. поступление солнечной энергии будет заблокировано на 90%. Ночь продлится в северном полушарии от 1,5 до 8 месяцев, в южном – 1–4 месяца. Фотосинтез в растениях прекратится, погибнут растения, затем животные, наступит голод для людей. 3) Наступит «ядерная зима»: температура понизится в северном полушарии на 30–43 °С, в южном – на 15–20 °С, длительностью в северном полушарии до года, в южном – до 10 месяцев. Погибнут все сельскохозяйственные культуры, земля промерзнет на глубину до 1 м, пресной воды не будет, наступит голод. 4) Возрастет количество стихийных бедствий (бурь, ураганов, засух, наводнений). 5) Возникнут пожары. Выгорят леса на площади не менее 1 млн. км<sup>2</sup>. Токсичные газы приведут к отравлениям всего живого. Изменится газовый состав атмосферы с непредсказуемыми последствиями для биологического мира. 6) Величина озонового слоя уменьшится на 17–70%. Ультрафиолетовое излучение Солнца станет в 100 раз интенсивнее, чем в нормальных условиях, подействует губительно на живое. Возникнут тяжелые генетические последствия, массовая гибель людей и животных от онкологических заболеваний, наступит вырождение человечества. 7) Из-за отсутствия топлива, питьевой воды, голода, развала медицинского обеспечения и т.д. возникнут пандемии с непредсказуемыми последствиями.

Действие *химического оружия* основано на токсических свойствах химических веществ. Главные компоненты химического оружия – боевые отравляющие вещества (БОВ) или гербициды, средства их применения, включая носители, приборы и устройства управления, используемые для доставки химических боеприпасов к цели. Может быть использовано противником для поражения войск и населения, загрязнения местности (акватории), техники и материальных средств. Обладает большим диапазоном воздействия, как по характеру и степени поражения, так и по длительности его действия.

Классификация отравляющих веществ (ОВ): 1) ОВ нервно-паралитического действия (зарин, зоман, ви-газы, табун). 2) ОВ кожно-нарывного действия (иприт). 3) ОВ удушающего действия (фосген, дифосген). 4) ОВ общеядовитого действия (синильная кислота, хлорциан). 5) Раздражающие ОВ (си-эс, си-ар, хлорпикрин, адамсит). 6) Психохимические ОВ (Би-зет, ЛСД).

ОВ предназначаются для поражения людей, животных и загрязнения воздуха, продовольствия, корма, воды, местности и предметов, расположенных на ней. Характер и степень поражения людей и животных зависят от видов ОВ и токсической дозы.

*Бактериологическое (биологическое) оружие* основано на использовании болезнетворных свойств боевых бактериальных средств (БС). Высокая боевая эффективность этих средств обусловлена малой инфицирующей дозой, возможностью скрытного применения на больших территориях, трудностью индикации, избирательностью действия (только на человека или на опреде-

ленный вид животных), сильным психологическим воздействием, большим объемом и сложностью работ по противобактериальной защите населения и ликвидации последствий их применения.

Для поражения людей и животных противник может использовать возбудителей чумы, натуральной оспы, холеры, сибирской язвы, а также туляремии, ботулизма и др.

Сельскохозяйственные растения могут поражаться возбудителями стеблевой ржавчины злаковых культур, фитофторозы картофеля и другими заболеваниями.

*К обычным средствам поражения* относят осколочные, шариковые, фугасные, зажигательные боеприпасы, которые по своей мощности и поражающим факторам являются средствами массового поражения.

*Зажигательное оружие* – это оружие, поражающее действие которого на людей, технику и другие объекты основано на воздействии высоких температур. Зажигательные вещества подразделяют на три основные группы: 1) составы на основе нефтепродуктов, 2) металлизированные зажигательные смеси, 3) термиты и термитные составы. Наиболее эффективной огневой смесью считается напалм.

*Боеприпасы объемного взрыва.* Они состоят из жидких или пастообразных рецептур углеводородных горючих веществ (пропадиен, пропан с добавкой бутана и др.), которые при распылении в воздушной среде в виде аэрозоля образуют взрывчатые топливно-воздушные смеси. Производят одновременный подрыв распыленного облака горючих смесей в нескольких точках. В результате взрыва в очаге поражения возникает избыточное давление до 3000 кПа, что вызывает полное уничтожение сооружений и живой силы противника на больших площадях.

Мощность взрыва объемного боеприпаса крупного калибра сопоставима с мощностью взрыва тактического ядерного боеприпаса малой мощности.

*Кассетные боеприпасы* – это авиационные кассеты (управляемые и неуправляемые), установки кассетного типа с управляемыми ракетами, реактивными снарядами, снаряженными боевыми элементами (субснарядами), и др. Субснаряды выбрасываются вышибным зарядом над целью для ее поражения.

*Фугасные боеприпасы* предназначены для поражения ударной волной и осколками больших наземных объектов (промышленных, административных, железнодорожных узлов). Масса их от 50 кг до 10 т. Доставляются к цели самолетами-штурмовиками.

Наиболее часто при диверсиях, региональных конфликтах, террористических действиях применяют стрелковое оружие и взрывчатые вещества (рис. 2.3.3).

Возможные цели	Масштабы терроризма	Способы террористических актов
Сохранение тоталитарной власти	Преступление против личности	Применение огнестрельного оружия
Физическое устранение политических оппонентов	Групповые убийства	Организация взрывов и поджогов в городах
Устрашение гражданского населения	Массовая гибель граждан	Взятие заложников
"Акции возмездия"	Применение диверсий по всей территории страны	Применение ядерных зарядов и радиоактивных веществ
Дестабилизация деятельности государственной власти	Крупномасштабные акции против мирового сообщества	Применение химического или биологического оружия
Нанесение экономического ущерба		Организация промышленных аварий
Осложнение межнациональных и межконфессиональных отношений		Электромагнитное облучение
Изменение политического строя		Информационно-психологическое воздействие (клевета, ложь, угрозы)
Криминальные разборки		Фабрикация уголовных дел, принуждение к эмиграции, увольнение с работы и др.
Дискредитация политических противников		

Рис. 2.3.3. Последствия террористических актов

*Информационная война* – действия, предназначенные для достижения информационного превосходства, поддержки национальной военной стратегии, посредством воздействия на информацию и информационные системы противника при одновременном обеспечении безопасности и защиты собственной информации. Особенности: объектом воздействия являются все виды информации и информационных систем; информация может выступать и как оружие, и как объект защиты; территория и производство ведения войны осуществляется на неограниченном пространстве; информационная война ведется как при объявлении войны, так и просто в кризисных ситуациях; ведется как военными, так и гражданскими структурами.

Концепция информационной войны: силовой технический метод – подавление элементов инфраструктуры государственного управления; радиоэлектронная борьба – электромагнитное воздействие; хакерная война; формиро-

вание и массовое распространение по информационным каналам противника или глобальным сетям; получение интернациональной информации путем перехвата и обработки открытой информации.

*Информационное оружие* – средство уничтожения, искажения или хищения информационных массивов, добывание из них необходимой информации после преодоления систем защиты. Отличительные черты информационного оружия: скрытность; масштабность; универсальность. Виды: обычное; высокоинтеллектуальное (самонаводящееся); радиочастотные, маскирующие помехи; сильное излучение; воздействие систем связи на ЭВМ; средства генерации естественной речи конкретного человека. Важным свойством информационного оружия является его поражающее свойство. Это поражающее свойство информационного оружия направлено на человека. Особо опасным является воздействие на мозг человека. Оно вызывает трансформирование матрицы (памяти) – искусственную амнезию.

## 2.4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ<sup>61</sup>

(2 часа)

**Цель работы:** научиться оценивать экономический, социальный и экологический ущерб от химических загрязнений атмосферы, водоемов и почвы выбросами предприятий, транспортом и в результате трансграничных переносов. Используются укрупненные методики оценки.

**2.4.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить материалы, изложенные в пособии. 2) Переписать форму выводов в тетрадь (табл. 2.4.9). 2) Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 2.4.4–2.4.7. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 3) Приступить к выполнению работы согласно ниже приведенной методике. 4) При выполнении работы и заполнении отчета использовать ниже приведенные материалы и материалы учебного пособия или лекции.

#### 2.4.2 Общие положения

Вследствие нерациональной деятельности человека происходит деградация почв, снижается их плодородие, а продукты растениеводства и животноводства «загрязняются» опасными для здоровья человека химическими веществами.

Человеческое общество с одной стороны заинтересовано, чтобы масштабы загрязнения окружающей среды были как можно меньше, а с другой требу-

---

<sup>61</sup> Методика, разработанная Пустовитом В.Т., приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 2. Минск: Изд-во БНТУ, 2006 – С. 5–25.

ются материальные ресурсы для восстановления природных экологических систем.

Финансовые ресурсы также необходимы для преодоления экологического кризиса, для принятия мер по снижению отрицательного воздействия на здоровье человека экологических загрязнений. Такие финансовые средства можно получить с субъектов хозяйствования с учетом ущерба, который они приносят окружающей природной среде. Это могут быть налоги и (или) штрафы.

Устанавливаются два вида базовых нормативов платы: 1) за выбросы, сбросы, размещение отходов и другие виды вредного воздействия в пределах допустимых нормативов; 2) за выбросы, сбросы, размещение отходов и другие виды вредного воздействия в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов).

Финансовые средства за загрязнение окружающей природной среды расходуются на: 1) исключение или уменьшение промышленного загрязнения окружающей среды; 2) ресурсосберегающие научные исследования; 3) удаление, обезвреживание и захоронение отходов, затраты на санитарно-гигиеническую рекультивацию и др.

### 2.4.3 Методика оценки экономического и экологического ущерба

*Задача 1. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы.* Рассматривается загрязнение воздуха в результате выброса в атмосферу химических веществ, опасных для жизни и здоровья населения, а также для других реципиентов. Экономический ущерб определяется по формуле

$$Y_{\text{атм}} = Y_{\text{уд}} \cdot M \cdot G_{\text{зав}} \cdot f, \quad (2.4.1)$$

где  $Y_{\text{уд}}$  – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны загрязняющих веществ, равной 100 руб./усл. т (на практике определяется научными учреждениями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством финансов). Реальная величина удельного ущерба периодически уточняется;  $M$  – приведенная масса годового выброса, в условных тоннах.  $G_{\text{зав}}$  – показатель относительной опасности загрязнения для различных реципиентов в зоне активного загрязнения;  $f$  – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере.

Расчет приведенной массы годового выброса проводят по формуле:

$$M = \sum A_i \cdot m_i = A_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot m_2 + \dots, \text{ усл. т}, \quad (2.4.2)$$

где  $m_i$  – количество поступающего в атмосферу вещества  $i$  – го типа (из табл. 2.4.4);  $A_i$  – показатель относительной агрессивности  $i$  – вещества, характеризующий количество оксида углерода, эквивалентное по воздействию на окружающую среду одной тонне этого вещества, в усл. т./т.

Показатель относительной агрессивности  $A_i$  определяют по табл. 2.4.2 или рассчитывается по исходным данным табл. 2.4.1 по формуле

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i \cdot \beta_i, \text{ усл. т/т}, \quad (2.4.3)$$

где  $a_i$  – характеризует относительную опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком; он задает уровень опасности для человека вещества  $i$  – го типа по отношению к уровню опасности оксида углерода;  $\alpha_i$  – поправка, учитывающая вероятность накопления примесей в окружающей среде и в цепях питания, а также поступление примеси в организм человека неингаляционным путем;  $\delta_i$  – поправка, учитывающая вредное воздействие примеси на основных реципиентов, кроме человека;  $\lambda_i$  – поправка на вероятность вторичного заброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхностях (для пыли);  $\beta_i$  – поправка на вероятность образования исходных примесей, выброшенных в атмосферу, других (вторичных) загрязнителей, более опасных, чем исходные (для легких углеводородов). В табл. 2.4.1 величины  $a_i$  задают уровень опасности для человека вещества  $i$ -го типа по отношению к уровню опасности оксида углерода.

Расчет показателя относительной опасности в зоне активного загрязнения  $G_{\text{заз}}$  для данных реципиентов (лес, дома отдыха, городской поселок и др.) рассчитывают по формуле:

$$G_{\text{заз}} = \sum (S_j/S_{\text{заз}}) \cdot G_j = (S_1/S_{\text{заз}}) \cdot G_1 + (S_2/S_{\text{заз}}) \cdot G_2 + \dots \quad (2.4.4)$$

где  $S_j$  – площадь зоны реципиента, попавшего в зону активного загрязнения в таблице 2.4.4, 9 столбец (рисунки 2.4.1, 2.4.2);  $S_{\text{заз}}$  – площадь зоны активного загрязнения от источника загрязнения (рис. 2.4.1, 2.4.2); (она или рассчитывается или задана в табл. 2.4.4);  $G_j$  – показатель относительной опасности загрязнения воздуха  $j$  –го реципиента (табл. 2.4.3) по данным типа территории в табл. 2.4.4.

Расчет площади зоны активного загрязнения. Выделяют три типа источников: 1) организованные (трубы), показанные на рис. 2.4.1 и 2.4.2; 2) низкие неорганизованные (склады, вентиляторы, окна промышленных зданий, свалки и т.п.); 3) высокие неорганизованные (терриконы и др.). Форма и площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) определяется с учетом специфических особенностей источника и высоты выброса.

Распространение вредных веществ в окружающей среде зависит от типа и высоты источника загрязнения. Высота выброса загрязняющих компонентов организованным источником зависит от размеров трубы и подъема факела выброса под влиянием разности температур  $\Delta t$  в устье источника и в окружающей среде на уровне устья. Зонай активного загрязнения является: 1) круг с центром в источнике и радиусом  $r = 50h$  для труб высотой  $h < 10$  м (рис. 2.4.1.); 2) кольцо с внутренним радиусом  $r_{\text{внутр}} = 2\phi h$  и внешним радиусом  $r_{\text{внеш}} = 20\phi h$  для организованных источников  $h \geq 10$  м (рис. 2.4.2). 3) для низких неорганизованных источников – территория, ограниченная кривой, расстояние от любой точки которой до ближайшей точки границы источника равняется  $20h$ .



Таблица 2.4.1.

**Предельно допустимые концентрации и показатели, характеризующие относительную агрессивность некоторых примесей в атмосферном воздухе**

№ пп	Примесь	ПДКсс мг/м <sup>3</sup>	ПДКкрз мг/м <sup>3</sup>	a <sub>i</sub> , усл т/т	λ <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>	β <sub>i</sub>	δ <sub>i</sub>
1	Оксид углерода	3	20	1	1	1	1	1
2	Ацетон	0,35	200	0,93	1	1	2	1
3	Аммиак	0,2	20	3,87	1	1	1	1,2
4	Пыль асбестовая	0,15	2	14,1	1	2	1	1,2
5	Диоксид серы	0,05	10	11,0	1	1	1	1,5
6	Диоксид азота	0,085	5	11,9	1	1	1	1,5
7	Формальдегид	0,003	0,035	756	1	2	1	1,5
8	Сероводород	0,008	10	27,4	1	1	1	1,5
9	Сажа, пыль углерода	0,05	4	17,3	1	2	1	1,2
10	Хлор	0,03	1	44,7	1	1	1	2
11	Цианистый водород	0,01	0,3	141	1	1	1	2
12	Неорганические соединения ртути и свинца	0,0003	0,01	4472	1	5	1	1
13	Бенз(а)пирен	10 <sup>-6</sup>	1,5·10 <sup>-4</sup>	6,3x 10 <sup>b</sup>	1	2	1	1

Для учета подъема факела используется поправка:

$$\varphi = \Delta t / 75^{\circ}\text{C} . \quad (2.4.5)$$

Зона активного загрязнения вдоль автомобильных дорог – полоса 200 м относительно центра дороги.

Из рис. 2.4.1 и 2.4.2 следует, что площадь ЗАЗ равна:

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi(50h)^2, \text{ км}^2 \quad (2.4.6)$$

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi 396 \varphi^2 h^2, \text{ км}^2 \quad (2.4.7)$$

Таблица 2.4.2.

**Значения величин показателя относительной агрессивности A<sub>i</sub> для некоторых видов пыли сложного состава**

№ пп	Вид пыли	A <sub>i</sub> , усл. т/т
1	Пыль гипса, известняка	25
3	Золы углей кузнечных	80
4	Твердые частицы, выбрасываемые дизелями и иными установками, сжигающими мазут	200
5	Твердые частицы, выбрасываемые двигателями внутреннего сгорания, работающие на неэтилированном бензине	300
6	Тоже на этилированном бензине	500

Величины  $S_j$  заданы в условии задачи (табл. 2.4.4), а величины  $G_j$  находят по табл. 2.4.3 по типу территории, которые задаются в табл. 2.4.4. Подставляют данные в формулу(2.4.4) и результат записывают в отчет.

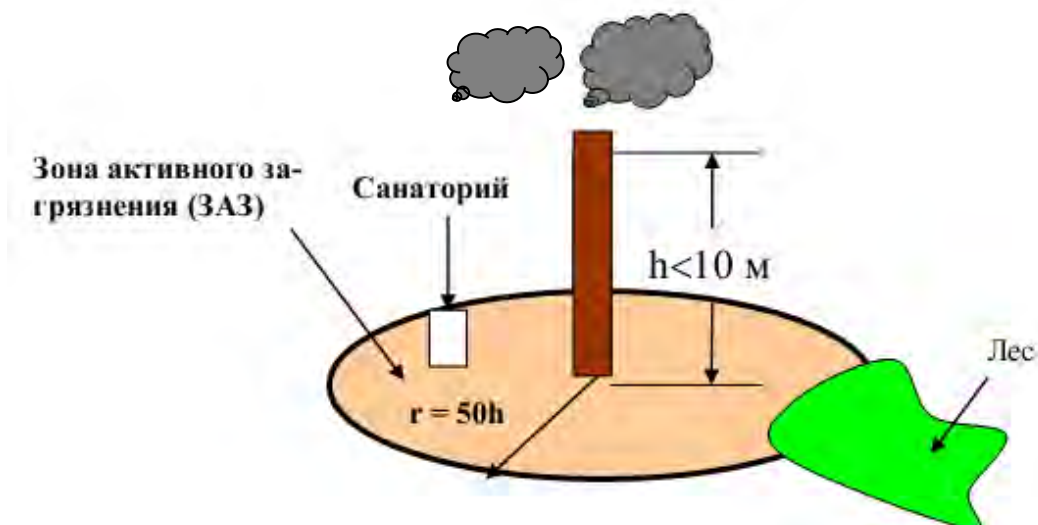


Рис. 2.4.1. Зона активного загрязнения от организованного источника высотой менее 10 м

Расчет величины поправки на характер рассеивания примеси:

1. При значении коэффициента очистки (из таблицы 2.4.4)  $\eta \geq 90\%$ ;  $U$  [м/с] – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера (3 м/с – для Республики Беларусь) величина поправки на характер рассеивания примеси  $f$  вычисляют по формуле:

$$f = f_1 = (100/(100+\varphi h)) \cdot (4/(1+U)). \quad (2.4.8)$$

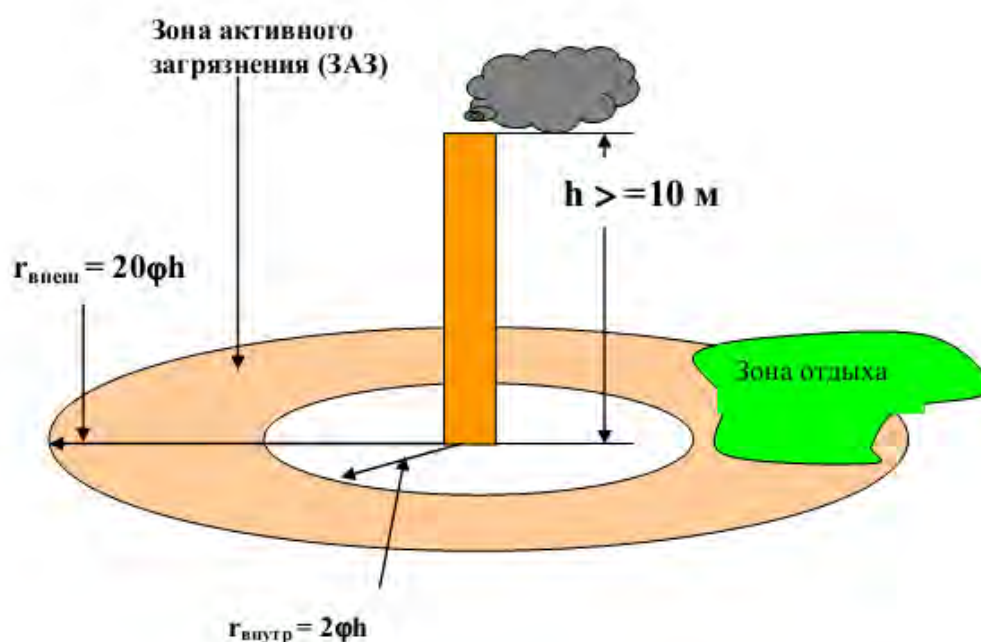


Рис. 2.4.2. Зона активного загрязнения от организованного источника высотой более 10 м

**Значения показателей относительной опасности загрязнения  
атмосферного воздуха**

Номер типа территории	Тип загрязненной территории	$G_j$
1	Территории курортов, санаториев, заповедников, заказников	10
2	Территории пригородных зон отдыха, садовых и дачных участков	8
3	Территории населенных мест с известной плотностью населения $n$ чел./га	$0,1 \times n$
4	Центральная часть города с населением свыше 300 тысяч человек	8
5	Территория промышленных предприятий и узлов	4
6	Леса первой группы	0,2
7	Леса второй группы	0,1
8	Леса третьей группы	0,025
9	Пашни обычные	0,1
10	Пашни орошаемые	0,2
11	Сады обычные	0,5
12	Пастбища, сенокосы обычные	0,05
13	Сенокосы орошаемые	0,1

2. При значении коэффициента очистки  $70\% \leq \eta < 90\%$  величина поправки на характер рассеивания примеси  $f$  вычисляют по формуле:

$$f = f_2 = (1000 / (60 + \phi h))^{0,5} \cdot 4 / (1 + U). \quad (2.4.9)$$

3. При значении коэффициента очистки  $\eta < 70\%$ , в том числе и для источников, не имеющих устройств очистки величина поправки на характер рассеивания примеси  $f$  принимается

$$f = f_3 = 10. \quad (2.4.10)$$

Подставляя полученные данные в формулу (2.4.1), находят ущерб.

**Задача 2.** Укрупненная оценка социального (воздействие на здоровье людей) и экологического ущербов от загрязнения атмосферы (по результатам решения задачи 1)

Оценка экономического ущерба уже учитывает степень агрессивности химических веществ при воздействии их на здоровье человека и окружающую среду. Более полную оценку воздействия на здоровье человека и окружающую среду химических загрязнений можно сделать по табл. 2.4.8.

Вероятность заболевания человека и его преждевременной смерти или инвалидности зависит от типов воздействующих веществ, их количества в атмосфере, продолжительности воздействия, от состояния здоровья человека, наличия хронических заболеваний, генетической наследственности и др. По табл. 2.4.8 можно сделать только общую оценку степени опасности загрязнения химическими веществами.

Таблица 2.4.4.

**Исходные данные для оценки экономического ущерба от  
загрязнения атмосферы**

№ пп	Виды примесей	Масса примеси $m_i$ , т/год	Высота трубы $h$ , м	Разность температур $\Delta t$ , °C	Кэф. очистки $\eta$ , %	Площадь $S_{\text{зав.}}$ , км <sup>2</sup>	Номер типа территории	Площадь территории данного типа $S_i$ , км <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оксид углерода Сажа	100	20	150	60		2	0,5
		50	20	150	60		5	остальная территория
2	Оксид углерода Диоксид серы	200	80	130	90		5	2,5
		120	80	130	90		4	остальная территория
3	Аммиак (в районе химич. объекта)	40	–	–	–	1,5	5	1,5
4	Оксид углерода	180	25	75	92		2	0,2
							5	
5	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,1	–	–	–	0,2	1	0,08
6	Оксид углерода Сажа	60	80	75	92		6	0,12
							2	0,5
							4	1
7	Сероводород Оксид углерода	20	60	150	60		5	1,5
							4	остальная территория
							2	0,5
8	Твердые частицы от ДВС на неэтилированном бензине	50	–	–	–	0,25	7	0,2
							11	0,05
9	Неорганические соединения ртути	0,03	–	–	–	0,05	4	0,01
10	Пыль асбеста	100	–	–	–	2,5	5	0,04
							8	2,0
11	Оксид углерода Диоксид азота	100	70	200	70		13	0,5
							2	2,0
							5	12
12	Бенз(а)пирен	0,03				0,6	11	0,4
							10	0,2
13	Формальдегид	20	9	–	–		4	остальная территория
							8	0,2
14	Диоксид серы Сажа	50	40	75	–		5	0,5
							4	остальная территория
15	Оксид углерода Формальдегид	50	70	200	60		5	2,0
							4	15
16	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,05	–	–	–	0,1	12	0,02
							11	0,09
17	Оксид углерода Сажа Диоксид серы	80	60	150	92		4	1,5
							5	6,0
							9	остальная территория
18	Твердые частицы, выбрасыв. дизелями Оксид азота	40	–	–	–	3	9	2,0
							11	1,0
19	Оксид углерода Сажа	50	40	150	50		4	2,0
							5	остальная территория

## Окончание таблицы 2.4.4.

№ пп	Виды примесей	Масса при- меси $m_i$ , т/год	Высота трубы h, м	Разность температур $\Delta t$ , °С	Коэф. очистки $\eta$ , %	Площадь $S_{\text{Заз}}$ , км <sup>2</sup>	Номер типа террито- рии	Площадь территории данного типа $S_i$ , км <sup>2</sup>
20	Хлор (трансгранич- ный перенос) Диоксид серы	10 10	– –	– –	– –	1,5	1	1,5
21	Оксид углерода Диоксид серы	100 40	50 50	225 225	75 75		4 5 11	2,0 3,0 остальная тер- ритория
22	Оксид углерода Диоксид азота	100 40	45 45	150 150	92 95		4 5	6,0 остальная тер- ритория
23	Пыль асбеста Диоксид азота	100 10	9	–	–		5 11	0,25 остальная территория
24	Оксид углерода Сажа	90 20	50 50	150 150	80 80		5 4	2 остальная территория
25	Цианистый водород	0,08	–	–	–	20	4 2	10 10
26	Ацетон	5				0,5	5 6	0,4 0,1
27	Оксид углерода Сажа	100 50	30 30	150 150	60 60		2 5	0,5 остальная территория
28	Оксид углерода Диоксид серы	200 120	80 80	130 130	90 90		5 4	2,5 остальная территория
29	Оксид углерода	150	25	75	92		2 5	0,2 остальная территория
30	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,05	–	–	–	0,2	1 6	0,08 0,12

Таблица 2.4.5.

## Исходные данные для оценки экономического ущерба (задача 3)

Номер вари- анта	Тип загрязняющих веществ	Масса выброса $m_i$ , тыс. т	Участок выброса	Показатель относительной загряз- ненности, $\sigma_x$
1	БПК (биологическая потребность в кисло- роде) Нефтепродукты	1,22 0,07	Зап. Двина г.п. Сураж	1,2
2	Взвешенные вещества Хлориды	2,4 340	Неман г. Столбцы	1,7
3	Фенолы Нитраты	0,5 20	Зап. Двина Витебск	2,1
4	Азот аммонийный Нитраты	75 35	Припять г. Пинск	3,7
5	СПАВ Нитраты	12 70	Неман г. Столбцы	1,7
6	Нефтепродукты Взвешенные вещества	0,02 2,36	Неман г. Гродно	1,3
7	Фенолы Азот аммонийный	0,1 800	Зап. Двина г.Верхнедвинск	2,4
8	Нефтепродукты Нитраты	0,07 200	Зап. Двина п. Сураж	1,2
9	БПК Хлориды	15,8 218	Днепр г. Орша	1,7
10	Нитраты Нитриты	68 15	Днепр г. Шклов	1,6
11	Свинец Фенолы	0,001 0,1	Днепр г. Быхов	1,8
12	Медь Нефтепродукты	0,002 0,5	Березина г.Бобруйск	3,0
13	Хлориды Ртуть	100 0,0001	Березина г.Борисов	1,1

## Окончание таблицы 2.4.5.

Номер варианта	Тип загрязняющих веществ	Масса выброса т, тыс. т	Участок выброса	Показатель относительной загрязненности, $\sigma_k$
14	СПАВ Свинец	14 0,003	Припять г. Пинск	3,7
15	Мышьяк Нитраты	0,0005 300	Припять г. Мозырь	5,1
16	Хлориды Нитриты	180 36	Днепр г. Речица	1,0
17	Медь Взвешенные вещества	0,003 2,3	Неман г. Гродно	1,3
18	Фенолы Нитриты	0,01 43	Зап. Двина г. Витебск	2,1
19	СПАВ Азот аммонийный	105 45	Березина г. Борисов	1,1
20	Нефтепродукты Свинец	0,08 0,0005	Днепр г. Орша	1,7
21	Хлориды Медь	4 0,0005	Сож г. Гомель	1,1
22	Мышьяк Азот аммонийный	0,00001 45	Березина Светлогорск	1,6
23	Цинк Фенолы	0,002 0,1	Зап. Двина г. Верхнедвинск	2,4
24	СПАВ БПК	13 0,7	Зап. Буг г. Брест	2,3
25	Нефтепродукты Нитраты	0,6 12	Зап. Буг г. Кобрин	2,3
26	Медь Нефтепродукты	0,002 0,5	Березина г. Бобруйск	2,5
27	Фенолы Нитраты	0,5 20	Зап. Двина Витебск	2,1
28	Фенолы Азот аммонийный	0,1 80	Зап. Двина г. Верхнедвинск	2,5
29	Свинец Фенолы	0,001 0,1	Днепр г. Быхов	1,8
30	Нефтепродукты Нитраты	0,07 20	Зап. Двина п. Сураж	1,4

**Примечания:** 1) В табл. 2.4.8 в п.п. 1–7 представлены эффекты воздействия на здоровье человека. 2) В табл. 2.4.8 в п. 8–10 показаны эффекты воздействия на окружающую среду. 3) В разделе «Наиболее вероятные заболевания человека» представлены только наиболее распространенные заболевания. 4) В таблице не представлены эффекты воздействия, которые не подтверждены достаточным количеством статистических и экспериментальных данных.

**Задача 3.** Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов. Промышленное и сельскохозяйственное загрязнение водного бассейна является результатом сброса в водоемы сточных вод, содержащих вредные вещества и в результате смыва в водоемы загрязнений почвы.

Ущерб от такого загрязнения рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{вод}} = Y_{\text{уд}} \cdot \sigma_k \cdot M, \text{ руб.}, \quad (2.4.11)$$

где  $Y_{\text{уд}}$  – удельный ущерб, причиненный народному хозяйству сбросом в водоем одной условной тонны загрязняющих веществ, которая условно принята 400 руб./усл. т;  $\sigma_k$  – показатель относительной опасности загрязнения водоемов (табл. 2.4.5);  $M$  – приведенная масса загрязняющих веществ в годовом объеме сточных вод, которая может быть определена, в условных тоннах, по формуле:

$$M = \sum A_i m_i = A_1 \cdot m_1 + A_2 \cdot m_2 + \dots \text{ усл. т} \quad (2.4.12)$$

где  $A_i$  – относительная агрессивность вод загрязняющих веществ  $i$ -го вида;  $m_i$  – масса примесей  $i$ -го вида, поступивших в водоем (в тоннах):

$$A_i = 1/\text{ПДК}_{\text{вр}i}. \quad (2.4.13)$$

Значения ПДК<sub>вр</sub> находят в справочниках для хозяйств по разведению рыбы (табл. 2.4.6).

**Задача 4.** Укрупненная оценка социального (воздействие на здоровье людей) и экологического ущербов от загрязнения водоемов (по результатам решения задачи 3)

Химические загрязнения водоемов больше влияют на экологическое равновесие среды, а на здоровье человека их воздействие зависит от степени очистки питьевой воды. Если вода для питья не подвергается полной очистке от химических загрязнений, то их воздействие необходимо учитывать, руководствуясь табл. 2.4.8.

Воду из водоемов можно использовать и для полива огородов, орошения поливных площадей. В этом случае необходимо учитывать возможность перехода вредных химических веществ в продукты растениеводства и в продукты питания животноводства, а в конечном итоге и в организм человека. В настоящей задаче этот случай не рассматривается.

Таблица 2.4.6.

**Предельно допустимые концентрации некоторых примесей в водоемах по разведению рыбы**

N пп	Ингредиенты и показатели	Предельно допустимая концентрация, мг/л
1	БПК полная	3,0 мг O <sub>2</sub> /л
2	Азот аммонийный (NH <sub>4</sub> )	0,39 (N)
3	Нитрат-ион (NO <sub>3</sub> )	9,0 (N)
4	Нитрит-ион (NO <sub>2</sub> )	0,02 (N)
5	Нефть и нефтепродукты	0,05
6	Фенолы	0,001
7	СПАВ	0,1
8	Хлориды (анион)	300
9	Взвешенные вещества	0,75
10	Свинец	0,03
11	Ртуть	0,0005
12	Медь	0,001
13	Мышьяк	0,05
14	Цинк	0,01

Примечание: в отчете указать случай, когда загрязнители воды прямо или косвенно попадают в организм человека.

**Задача 5.** Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения поверхности земли твердыми отходами

Рассматривается только экономический ущерб от загрязнения и отчуждения земельных ресурсов с применением формулы

$$Y_{\text{отх}} = Y_{\text{уд}} \cdot q \cdot M, \text{ руб.}, \quad (2.4.14)$$

где  $Y_{уд}$  – удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву (условно 200 рублей за тонну за выбросы неорганических отходов; 300 рублей за тонну за выбросы органических отходов<sup>62</sup>);  $q$  – показатель, характеризующий относительную ценность земельных участков ( $q = 0,5$  – для суглинистых почв,  $q = 0,7$  – для лесостепи,  $q = 1$  – для черноземных почв,  $q = 2$  – для орошаемых сельскохозяйственных угодий). Преподаватель может уточнить величины  $q$  применительно к почвам РБ.  $M$  – масса годового выброса отходов, загрязняющих в почву, т/год. Для решения задачи исходные данные показаны в табл. 2.4.7.

Таблица 2.4.7.

### Исходные данные для решения задачи 3

Номер варианта	Наименование территории	Количество твердых отходов, тыс. т/год	Величина $q$
1	Брестская область (1994)	29	0,5
2	Витебская область (1994)	85	0,5
3	Гомельская область (1994)	113	0,5
4	Гродненская область (1994)	86	0,5
5	Минск (1994)	404	0,5
6	Минская область (1994)	76	0,7
7	Могилевская область (1994)	98	0,5
8	Брестская область (1993)	33	0,7
9	Витебская область (1993)	78	0,5
10	Гомельская область (1993)	119	0,5
11	Гродненская область (1993)	72	0,7
12	Минск (1993)	374	0,5
13	Минская область (1993)	88	0,5
14	Могилевская область (1993)	104	0,7
15	Бобруйск (средняя за 5 лет)	19	0,5
16	Брест (средняя)	8	0,5
17	Витебск (средняя)	22	0,5
18	Гомель (средняя)	28	0,5
19	Новополоцк (средняя)	14	0,5
20	Могилев (средняя)	29	0,5
21	Мозырь (средняя)	6	0,7
22	Орша (средняя)	19	0,7
23	Пинск (средняя)	9	0,5
24	Полоцк (средняя)	22	0,5
25	Минск (средняя)	400	0,5
26	Гомельская область (1995)	100	0,5
27	Гродненская область (1995)	90	0,5
28	Минск (1995)	404	0,5
29	Минская область (1995)	76	0,7
30	Могилевская область (1995)	98	0,5

<sup>62</sup> Студент выбирает сам вид загрязнителя с пояснением в примечании причины выбора. За органические отходы можно платить, можно передавать другим субъектам хозяйствования и получать деньги. Неорганические отходы также можно перерабатывать на другую продукцию.



Таблица 2.4.8.

**Известные воздействия химических соединений на здоровье человека и окружающую среду**

<b>Название химического соединения</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>Наиболее вероятные заболевания человека</b>
Оксид углерода			X		X	X		X			Системы кровообращения, гипертония, заболевания крови, параличи
Аммиак					X	X	X		X		Заболевания нервной системы, легких
Диоксид серы	X		X		X	X		X		X	Рак, заболевания органов дыхания, ЖКТ, почек, печени
Диоксид азота	X	X	X		X	X		X			Рак, сердечно-сосудистая система, генетические мутации
Бенз(а)пирен	X	X			X	X		X		X	Рак, наследственная и хромосомные мутации, ИБС, дерматиты
Формальдегид	X	X		X		X		X		X	Рак, пневмония, хромосомные мутации
Сажа	X		X			X		X		X	Рак, отравления
Сероводород	X	X	X		X	X		X	X	X	Рак, сердечно-сосудистая система, генетические мутации
Асбест	X					X				X	Рак, фибриоз легких
Хлор					X	X		X			Рак, заболевания органов дыхания
Цианистый водород					X	X		X			Очень токсичен
Ртуть	X			X		X	X	X		X	Рак, заболевания большинства органов и систем
Свинец			X	X			X	X		X	Половое бессилие, нарушение детородной функции, повреждение клеток головного мозга
Ацетон			X	X		X	X	X			Половое бессилие, нарушение детородной функции
Нефтепродукты (в водоемах)								X		X	Блокирует поступление кислорода в воду

Окончание таблицы 2.4.8<sup>63</sup>.

Название химического соединения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Наиболее вероятные заболевания человека
Хлориды (анион)	X		X	X	X	X	X		X		Рак и другие заболевания
Нитрат-ион	X	X			X	X		X	X		Рак, анемия
Нитрит-ион	X	X			X	X		X	X		Рак, анемия
Фенолы			X		X			X	X		<i>Токсичны для всего живого</i>
Медь			X	X				X		X	Подавляет детородную функцию
БПК (биологическая потребность в кислороде) в водоеме								X			<i>Недостаток кислорода вызывает гибель живых организмов</i>
Азот аммонийный						X			X		<i>Вызывает нарушение экологического равновесия в водоеме</i>
Мышьяк	X	X			X	X	X	X		X	Рак, уродства, анемия, заболевания репродуктивной, сердечнососудистой и нервной систем
Цинк	X				X	X		X		X	Рак и другие заболевания
СПАВ	X	X			X	X		X		X	Рак, наследственная и хромосомные мутации, ИБС, дерматиты
Твердые частицы, выбрасываемые ДВС	X	X						X			Рак, наследственная и хромосомные мутации

### ВЫВОДЫ

по выполненной расчетной работе «Оценка ущерба от экологических загрязнений» студента ФИО \_\_\_\_\_ учебной группы \_\_\_\_.  
 Вариант № \_\_\_\_\_

Таблица 2.4.9.

Номер задачи	Определялись при решении задач	Результат	Оценка
1	Показатель относительной агрессивности $A_i$		
	Приведенная масса годового выброса		

<sup>63</sup> Принято, что: 1 – канцерогенность, 2 – наследственная генетическая и хромосомная мутация, 3 – эмбриональная токсичность, 4 – воздействие на репродуктивные органы, 5 – острая токсичность, 6 – хроническая токсичность, 7 – нейротоксичность, 8 – токсичность для окружающей среды, 9 – бионакопление, 10 – устойчивость в окружающей среде.

Номер задачи	Определялись при решении задач	Результат	Оценка
	Площадь зоны активного загрязнения		
	Показатель относительной опасности		
	Значение величины поправки $f$		
	Экономический ущерб		
2	Эффекты воздействия на здоровье		
	Основные заболевания человека		
	Эффекты воздействия на окружающую среду		
3	Относительная агрессивность $A_i$		
	Приведенная масса загрязняющих веществ		
	Экономический ущерб		
4	Эффекты воздействия на здоровье		
	Основные заболевания человека		
	Эффекты воздействия на окружающую среду		
5	Экономический ущерб от загрязнения твердыми отходами		

## 2.5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ДЕЙСТВИЯ НАСЕЛЕНИЯ В БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ<sup>64</sup> (4 часа)

**Цель работы:** Закрепить теоретические сведения и научиться оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим в биолого-социальных ЧС.

**2.5.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить наиболее опасные инфекционные заболевания человека, способы их профилактики и оказания первой помощи пострадавшим (чума, холера, оспа натуральная, жёлтая лихорадка, брюшной тиф, грипп, дизентерия, малярия, менингококковая инфекция, сибирская язва, сыпной тиф). 2) Ответить письменно на вопросы отчёта о выполнении работы. 3) Быть готовым ответить на вопросы преподавателя по разделу.

#### 2.5.2 Общие положения

**ЧС биолого-социального характера** обусловлены жизнедеятельностью болезнетворных (патогенных) микробов. В результате проникновения микробов в организм возникают инфекционные болезни, сопровождающиеся подъёмом температуры, головной болью, ознобом, разбитостью. Наиболее важным признаком инфекционных болезней является их способность передаваться от больного здоровым людям. Вот почему очень важно знать признаки инфекционных заболеваний, пути их распространения, способы предупреждения и правила поведения.

<sup>64</sup> Методика, разработанная Ролевичем И.В., приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Комплекс мероприятий по защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях». / ч 4. Минск: Изд-во БНТУ 2006 – С. 88–115.

Наибольшей способностью передаваться обладают *особо опасные инфекции* (чума, холера, натуральная оспа, жёлтая лихорадка и др.). Они характеризуются большой заразительностью, тяжёлой клинической картиной и высокой смертностью. Массовое распространение инфекционных заболеваний на обширной территории *называется эпидемией*. Определенный срок, различный для разных болезней, необходим для приспособления микробов к новым условиям существования и для их размножения. Этот срок называется *инкубационным (скрытым) периодом*.

Особенностью инфекционных болезней является также *приобретение невосприимчивости* к повторному заболеванию после перенесенной болезни. Для возникновения и распространения инфекционных болезней – эпидемического процесса, необходимо наличие: трех звеньев эпидемической цепи: источника инфекции, путей передачи, восприимчивых к болезни людей.

*Источниками заразных болезней* являются больные люди и животные. *Пути передачи разнообразны: воздушно-капельный, с водой и пищей, с помощью кровососущих паразитов, при прямом контакте с больными людьми и больными животными.*

### 2.5.3 Основные заболевания

**ЧУМА.** Особо опасное инфекционное заболевание, вызываемое чумной палочкой. Источником заражения являются крысы, суслики, тарабаганы, верблюды, а переносчиками возбудителя – блохи. Инкубационный период – 2–3 дня. Заболевание встречается в виде бубонной, легочной и кишечной формы. Инфекция передаётся заражёнными блохами. При их укусе возбудитель попадает в кровь человека.

*Начало заболевания внезапное:* 1) Развиваются озноб, сильная головная боль, головокружение, высокая температура (до 39–40 °С). 2) При *бубонной форме* – боль в паху или под мышками. 3) При *лёгочной форме* – сильная одышка, режущие боли в груди, кашель с выделением кровянистой мокроты; нитевидный пульс. Лёгочная форма наиболее опасная для жизни больного и для окружающих.

Признаками *кишечная форма* заболевания являются: 1) вздутие живота, увеличение печени и селезенки в размерах; 2) увеличение и резкая болезненность лимфатических узлов (паховые, бедренные, подмышечные, шейные) спустя 1–2 дня после начала болезни; 3) кожа над лимфатическими узлами (бубонами) покрасневшая, подкожная жировая клетчатка отёчная (отёк бывает весьма значительным и захватывает обширную область); 4) при несвоевременно начатом лечении, развивается инфекционно-токсический шок.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) немедленная госпитализация больного в инфекционное отделение специальным транспортом. О заболевшем человеке немедленно сообщают в ближайшее лечебное учреждение. В очаге заболевания устанавливают карантин, проводят дезинфекцию, дезинсекцию и дератизацию. Делают прививки людям.

**Неотложная помощь.** Лечение больных чумой проводят в больнице, однако по жизненным показаниям терапия может быть начата на дому: 1) при

высокой температуре тела прикладывают холод на голову (пузыри со льдом – по ходу магистральных сосудов, обтирание тела холодной водой, 70° спиртом, приём жаропонижающих средств); 2) под наблюдением врача проводят медикаментозное лечение; 3) антибиотики назначают как можно раньше, не дожидаясь подтверждения диагноза.

**ХОЛЕРА.** Вызывается холерными вибрионами. Источник инфекции – больные люди и вибрионосители. Инфекция передается через воду, пищу и предметы, загрязненные выделениями больного. Инкубационный период – от нескольких часов до 5 суток. Для холеры характерны признаки острого и острейшего воспаления тонкого кишечника и желудка.

**Признаки холеры:** 1) Острое начало болезни: выделения из кишечника обильные, жидкие, окрашенные в жёлтый или зелёный цвет иногда в виде рисового отвара с примесью слизи и крови. 2) Появляется рвота. 3) Выявляется урчание и шум плеска жидкости в животе. 4) Наступает обезвоживание организма, изменение внешнего облика больного. 5) Болезненные судороги мышц ног и рук. 6) Развивается шок.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) Больного с подозрением на холеру немедленно изолировать и госпитализировать в больницу. 2) Помещение, где находился больной – дезинфицировать.

**Неотложная помощь.** 1) Немедленно вводят больному внутривенно тёплый солевой раствор с целью предотвращения развития шока и возмещения потерянной жидкости и солей. За первые сутки больной должен получить 10-15, а в отдельных случаях даже 40 л раствора. Введение раствора продолжают до прекращения поноса и восстановления мочеотделения. 2) Назначают тетрациклин (или другой препарат) после прекращения рвоты. 3) Сердечно-сосудистые средства применяют после восстановления объема циркулирующей крови. 4) Срочно госпитализировать больного в инфекционное отделение специальным транспортом. 5) Транспорт подвергают дезинфекции.

**ОСПА НАТУРАЛЬНАЯ.** Вызывается фильтрующимся вирусом. Передаётся воздушно-капельным путём и различными предметами от больных. Инкубационный период – от 7 до 17 дней (в среднем – 14 суток).

**Признаки оспы:** 1) Внезапное начало, озноб и повышение температуры тела до 40° С. 2) Появляются боли в поясничной области (крестце) и мышцах. 3) Проявляются головная боль, головокружение, рвота. 4) Появляется «предвестниковая» сыпь на 2–3-й день болезни, держится от нескольких часов до 2–3 дней. 5) Температура тела нормальная или ниже нормы к 3–4-му дню болезни. 6) Развиваются боль в полости рта, затруднения приема пищи, боль при глотании, резь в глазах и светобоязнь, боль при мочеиспускании. 7) Оспенная сыпь по всему телу с 3–5-го дня, располагается симметрично, больше на коже лица, голове и дистальных отделах конечностей, ладони и стопы. 8) Образование затем пустул сопровождается повторным повышением температуры тела до 39–40 °С. 9) Общая слабость, затруднение дыхания, ча-

стый пульс, понижение АД<sup>65</sup>, бред. 10) Отёчность кожи, сильный зуд. 11) Вскрываются пустулы, образуя язвы, вторичная бактериальная инфекция. 12) Подсыхание пустул с образованием корочек начинается с 9–10-го дня болезни. Температура тела нормализуется, улучшается общее состояние больного. После отпадения корочек остаются рубцы.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) Выявление больных и их госпитализация. 2) Массовая вакцинация и ревакцинация населения. 3) Не допускается посадка на транспорт людей с симптомами оспы и лиц, соприкасавшихся с больным. 4) После прибытия транспорта с больным оспой проводится высадка и изоляция больного; медицинский осмотр всех пассажиров; вакцинация лиц, находившихся в контакте с больным. 5) Обсервация сроком до 2 недель всех прибывших на транспорте. 6) Дезинфекция личного имущества, белья и всех других заражённых вещей, дезинфекция тех частей транспорта, где находился больной.

**Неотложная помощь:** 1) Уложить больного на кровать с удобным матрацем, надувными подушками и подкладочными кругами. 2) Обтереть кожу больного насыщенным (5–10%) раствором марганцовокислого калия, спиртом, глицерином; сделать примочки ледяным раствором борной кислоты для уменьшения чувства напряжения и боли. При зуде кожи – используют присыпки цинковой пудрой или смазывание цинковой мазью, а также воздушные ванны. 3) Смазать кожу нейтральными жирами в период образования корочек. 4) Назначается диета на период раздражения слизистых пищеварительного тракта полноценная жидкая и полужидкая. Питание – иногда через прямую кишку. 5) Введение специфического гамма-глобулина, антибиотиков. 6) Введение большого количества жидкости. 7) Применяют теплые ванны и влажные укутывания, после ванны – следует обсушить больного, протирая тела простыней.

**ЖЁЛТАЯ ЛИХОРАДКА.** Острое вирусное заболевание, передаётся трансмиссивным<sup>66</sup> путем. Возбудитель – арбовирус. Природно-очаговая инфекция, распространенная в тропических регионах Америки и Африки. Резервуаром вируса *при джунглевой жёлтой лихорадке* являются обезьяны, грызуны, переносчиками — комары.

**Признаки жёлтой лихорадки:** 1) Начало заболевания острое: общая слабость, сильная головная боль, головокружение, боли в пояснице, конечностях. 2) Температура тела поднимается до 39–40 °С и выше, озноб. 3) Происходит покраснение лица, шеи и верхней части туловища, развивается конъюнктивит, одутловатость лица, отечность век, припухлость губ, язык приобретает ярко-красный цвет. 4) Появляются эйфория, раздражительность, бессонница, бред, галлюцинации. Развивается жажда, тошнота, рвота, учащён-

---

<sup>65</sup> АД – артериальное давление.

<sup>66</sup> Трансмиссивный механизм передачи инфекции – механизм передачи инфекции, при котором возбудитель инфекции находится в кровеносной системе и лимфе, передается при укусах специфических и неспецифических переносчиков: укусе кровососущего членистоногого (насекомого или клеща).

ный пульс. 5) На 3-й день появляются желтушность кожи и склер, геморрагический синдром (кровоточивость десен, носовые кровотечения, примесь крови в рвотных массах). 6) Происходит увеличение в размерах и болезненность печени и селезенки. 7) На 4–5-е сутки снижается температура тела, улучшается общее состояние больных.

При *среднетяжёлой и тяжёлой формах* болезни за этой фазой следует повторное повышение температуры тела, нарастает интоксикация, развиваются геморрагический и желтушный синдромы. Смерть наступает от острой почечной недостаточности.

**Меры профилактики распространения заболевания:** Истребляют комаров, защищают людей от их нападения, проводят дезинсекцию всех видов транспорта, следующих из эндемичных районов. Вакцинируют людей.

**Неотложная помощь.** 1) Постельный режим и тщательный уход за больным. 2) Для лечения применяют глюкозу, глюконат кальция, щелочные растворы (боржоми, минеральные воды и др.) витамины, слабительные, сердечные средства.

**БРЮШНОЙ ТИФ.** Возбудителем заболевания является сальмонелла. Источник возбудителя – больной человек и бациллоноситель.

**Признаки заболевания:** 1) Недомогание в течение 3–5 дней. 2) Повышение температуры тела при отсутствии каких-либо определенных жалоб. Достигнув максимума, температура длительно (в среднем 3–5 недель) остается на высоком уровне, незначительно колеблясь в течение дня. Температура понижается ступенеобразно, часто со значительными размахами. 3) Сыпь появляется не ранее 8–9-го дня болезни. Она малозаметная, располагается на животе, груди, боковых отделах туловища. Сыпь существуют не более суток, новые их высыпания наблюдаются на протяжении всего периода температуры. 4) Боли в животе носят разлитой характер или локализируются в области слепой кишки.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) благоустройство источников водоснабжения и обеспечение населения безупречной в санитарном отношении водой. Очистка населённых мест; удаление за пределы населённых пунктов нечистот и устранение опасности загрязнения фекальными сточными водами водоёмов, используемых для питьевых и хозяйственных целей; 2) санитарно-пищевой надзор за предприятиями пищевой промышленности, системой общественного питания, торговой сетью и рынками; 3) ограничение численности мух; 4) ограничение доступа мух в помещения; 5) истребление мух на всех стадиях их развития; 6) выявление и срочная госпитализация больных и бациллоносителей. 7) дезинфекция всего, с чем контактировал больной или бациллоноситель.

**Неотложная помощь:** 1) строгий постельный режим, обильное питье, 2) назначение левомицетина по 2 г в сутки; 3) госпитализация больного в инфекционное отделение специальным транспортом; лечение проводят только в больнице.

**ГРИПП.** Возбудители гриппа – вирусы. Источник инфекции – больной человек и, возможно, здоровые вирусоносители.

**Признаки гриппа:** 1) Начинается с озноба и быстрого (в течение 4–5 ч.) повышения температуры тела до 38–40 °С, появляются слабость, разбитость, головокружение, шум в ушах и головная боль, преимущественно в области лба. 2) Лихорадочный период продолжается в среднем 2–3 дня (редко 5 дней). 3) Ощущение сухости, царапания в зеве, глотке, трахее, боль в глазных яблоках, особенно при движении их в стороны, конъюнктивит, слезотечение, насморк и сухой кашель. 4) Кожа лица покрасневшая, дыхание учащено, пульс отстаёт от температуры тела (урежённый пульс).

Грипп опасен осложнениями со стороны центральной нервной системы (менингоэнцефалит, геморрагический энцефалит), органов дыхания (ларингит, трахеит, пневмонии, отёк легких), сердца (миокардит), околоносовых пазух (гайморит, фронтит), ушей (отит, мастоидит) и др.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) Активная иммунизация вакциной людей накануне эпидемии. 2) Разобщение больных и здоровых. Временная изоляция легкобольных в домашней обстановке, а тяжелобольных – в больничной обстановке. На время эпидемии ограничивается посещение зрелищных массовых мероприятий, временно закрываются школы, детские садики и др.

**Неотложная помощь:** 1) Покой, постельный режим, горячее молоко, горячее щелочное питье (боржом, раствор питьевой соды - 1/2 чайной ложки на стакан воды). 2) Ставят горчичники на переднюю поверхность грудной клетки.

*При неосложнённом гриппе* – лечение проводят дома: постельный режим, холод на голову, жаропонижающие средства, сердечно-сосудистые средства (больным среднего и пожилого возраста), витамин Р (150 мг/сут.) в сочетании с аскорбиновой кислотой (300 мг/сут.).

*При тяжёлом течении болезни* – срочно вызвать врача и решить вопрос о госпитализации в больницу.

**ДИЗЕНТЕРИЯ.** Источник инфекции – больной человек и бактерионоситель (дизентерию вызывают 4 вида бактерий).

**Признаки дизентерии:** 1) Заболевание начинается с короткого периода предвестников (недомогание, слабость, потеря аппетита). 2) Затем повышается температура тела, появляются понос и схваткообразная боль в животе по ходу сигмовидной кишки. 3) Температура повышается до 38–40 °С, больные бледные, динамичные. Отмечается учащение ритма сердца, АД снижено. 4) Дефекация до 10–15 раз в сутки, иногда значительно чаще. Постепенно стул теряет каловый характер и состоит из слизи или гноя с примесью крови; появляются ложные позывы на дефекацию. Развивается инфекционно-токсический шок.

**Меры профилактики распространения заболевания:** Пресечение возможных путей распространения дизентерии, для чего проводят: 1. Санитарную охрану источников центрального и местного водоснабжения, очистку и



хлорирование воды, контроль над соблюдением установленных правил водопользования, санитарный контроль над спуском в общественные водоёмы очищенных бытовых и промышленных сточных вод, за предупреждением загрязнения почвы и глубоководных водоносных горизонтов. 2. Санитарный контроль над сбором, удалением и обезвреживанием нечистот, отходов и мусора. Предупреждение размножения мух, загрязнения почвы, выращиваемых на ней овощей, поверхностных, грунтовых вод и открытых водоемов. 3. Санитарный контроль над учреждениями питания и торговле-продовольственной сетью, рынками. 4. Систематическую профилактическую дезинфекцию уборных, умывален, общих ванн, как в быту, так и в общественных местах, на предприятиях, в учреждениях и на транспорте, обеззараживание больничных сточных вод, а также дезинсекцию (уничтожение мух). 5. Строгий внутренний санитарный режим в общежитиях, интернатах, летних лагерях и особенно в детских учреждениях с целью исключения быстрого распространения инфекции. 6. Санитарное просвещение населения по вопросам профилактики дизентерии и др. острых кишечных заболеваний. 7. Поддержание санитарного порядка и чистоты квартир и комнат, содержание в порядке уборных домовых, наружных, коммунальных, благоустройство территории дворов и улиц, своевременное удаление нечистот, отходов и мусора, уничтожение мух и пр. в быту, на производстве. 8. Расширение сети водопроводов, канализации, благоустройство городов и сёл, жилищное строительство в соответствии с гигиеническими требованиями. 9. Своевременное выявление госпитализация больных.

**Неотложная помощь.** 1) Постельный режим, 2) водно-чайная диета на 8-10 ч, обильное питье (5% раствор глюкозы, раствор Рингера, изотонический раствор хлорида натрия, отвар шиповника).

Госпитализация в инфекционное отделение больных *со среднетяжелыми и тяжелыми формами* болезни и по эпидемиологическим показаниям (работники питания, дети, посещающие детские дошкольные учреждения, лица, проживающие в общежитиях). При лечении больного дома проводят текущую дезинфекцию, а за лицами, находившимися в контакте с больным, устанавливают 7-дневное медицинское наблюдение.

**МАЛЯРИЯ.** Возбудителями малярии являются 4 вида малярийных плазмодиев. Завозится малярия из стран Африки, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки. В нашей стране встречаются местные очаги трехдневной и четырехдневной малярии.

**Признаки малярии:** 1) Приступ малярии: потрясающий озноб, высокая температура и головная боль. Приступы повторяются: при трехдневной малярии через 48 ч, при четырехдневной – через 72 ч. 2) До приступа: недомогание, слабость, разбитость, ухудшение аппетита и сна. Они развиваются в первой половине дня в одно и то же время. Появляются ощущения холода и потрясающий озноб, который в среднем продолжается 30–45 мин, но может длиться и до 2 ч. Очень быстро повышается температура, которая к моменту прекращения озноба достигает 40–41<sup>0</sup> С, появляются сильная головная боль,

учащение пульса, может быть тошнота и рвота. На высоте приступа больной испытывает чувство жара, кожа сухая, горячая на ощупь, лицо покрасневшее, губы сухие. 3) Сильная жажда. Спустя 5–9 мин. начинается обильное потоотделение, температура снижается до нормальных и ниже нормальных показателей. Потоотделение продолжается какое-то время и при нормальной температуре. По окончании приступа больной испытывает значительное облегчение и засыпает. После длительного сна (10–12 часов) больной чувствует себя вполне удовлетворительно до следующего приступа.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) меры по обезвреживанию источника инфекции (больной, паразитоноситель); 2) истребление переносчика; 3) предохранение людей от нападения комаров; 4) своевременное выявление и лечение больных малярией.

**Неотложная помощь.** Больного при ознобе тепло укутывают, дают горячий сладкий чай. После прекращения озноба у больного с высокой температурой ему кладут холодный компресс на голову, дают обильное питье, обеспечивают покой. Специфическое лечение назначает врач по общепринятой стандартной схеме, рекомендованной ВОЗ<sup>67</sup>.

**МЕНИНГОКОККОВАЯ ИНФЕКЦИЯ.** Возбудитель болезни – менингококк.

**Признаки менингококковой инфекции:** 1) Острое начало с резким ознобом и повышением температуры тела до 39–40 °С. Появляется головная боль и возбуждение. Лицо красное, склеры и конъюнктивы глаз покрасневшие. Язык сухой, склонность к коллапсу, в тяжелых случаях – к шоку. 2) Через 5–15 мин. от начала заболевания на коже появляется типичная геморрагическая сыпь в виде звездочек неправильной формы и разной величины – от размера булавочного укола до относительно крупных элементов с некрозом в центре. 3) Обширные кровоизлияния в кожу, склеры, конъюнктиву, мышцу сердца и под эндокард, почки, надпочечники, вещество мозга, носовые, желудочные, кишечные, почечные и маточные кровотечения. 4) При сверхостром течении менингококковой инфекции одновременно с сыпью развивается инфекционно-токсический шок.

**Неотложная помощь.** При повышении температуры до 40 °С и выше – необходимо провести обнажение больного, положить холодный компресс на голову, проводят обтирание тела холодной водой, обдувание вентилятором, внутрь дают 0,5 г ацетилсалициловой кислоты и 0,5 г амидопирина. Госпитализация больного срочная, специальным транспортом в инфекционное отделение, после чего транспорт подвергают дезинфекции.

**СИБИРСКАЯ ЯЗВА.** Вызывается сибиреязвенной палочкой, которая распространяется болеющим крупным рогатым скотом, лошадьми, овцами, козами, свиньями, собаками, кошками и др. Животные заражаются на пастбищах через корм, загрязнённый выделениями больных животных и почву, где споры возбудителя сохраняются в течение многих лет. Человек заражается

---

<sup>67</sup> ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения.

сибирской язвой при уходе за больными животными, их убойе, разделке туши, использовании меховой одежды, употребления в пищу мясных изделий, вдыхании инфицированного воздуха и др.

По происхождению различают три типа заболеваний: 1) профессионально-сельскохозяйственные (19%), 2) профессионально-индустриальные (61%), 3) бытовые (случайные, 15%), 4) не установленные заболевания (5%).

**Признаки сибирской язвы. Кожная форма** (95% всех случаев заболеваний): 1) Образование красноватого или синеватого цвета пятнышко 1–3 мм в диаметре на месте проникновения через кожу бактерий по истечении инкубационного периода, похожего на след от укуса блохи. 2) Развитие отёка тканей, окружающих струп. 3) В случае развития сибиреязвенного сепсиса смерть наступает на 1–3 сутки заболевания.

**Кишечная форма** развивается как сибиреязвенный сепсис. Путь заражения – пищевой через употребление колбас, фарша, инфицированного мяса больных сибирской язвой животных. Признаки заболевания разнообразные: 1) острое начало и бурное развитие; 2) сильный озноб с повышением температуры до 39–40° С, сильная головная боль, головокружение, значительная общая слабость, рвота, понос, боли в животе и пояснице, вздутие живота; 3) быстро снижается сосудисто-сердечная деятельность: частый пульс, слабого наполнения, неровный, нитевидный, артериальное давление падает, быстро прогрессирует одышка; 4) больной возбужден, беспокоен, бредит; 5) в завершающей стадии могут быть судороги, потеря сознания; 6) болезнь длится 1–4 суток и заканчивается смертью. Крайне редко наступает выздоровление.

**Легочная форма** – профессиональное заболевание. Наблюдается у лиц, занятых сортировкой шерсти, волос или обработкой кож заражённых животных. 1) Острое начало с потрясающим ознобом и повышением температуры до 39–40 °С, чувство стеснения и боли в груди, кашель, насморк и слезотечение. 2) Быстро прогрессируют явления общего отравления организма. 3) При кашле выделяется пенная мокрота, окрашенная кровью. 4) Состояние больного с каждым часом ухудшается, нарастает одышка, синюшность, падает сосудисто-сердечная деятельность. На 2–3 сутки больной погибает.

**Первично-септическая форма** протекают очень бурно, с обилием геморрагических проявлений на коже и наличием большого количества сибиреязвенных палочек в крови. Заканчивается смертью в первые, реже вторые сутки болезни.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) Срочно сообщается в ближайшее лечебное учреждение и санэпидстанцию о заболевшем человеке. 2) Своевременная диагностика сибирской язвы у животных, изоляция и лечение больных животных, установление карантина, обезвреживание трупов животных, контроль над содержанием скотомогильников и др. 3) Контроль над соблюдением мер личной профилактики пастухами, рабочими бонен, кожевниками, шорниками и др. 4) Больные изолируются, обслуживающим персоналом строго соблюдаются меры личной профилактики. 5) Людей из группы риска иммунизируют вакциной.

**Оказание помощи пострадавшим:** 1) Введение противосибиреязвенной сыворотки и антибиотиков. 2) Введение средств устраняющих нарушения со стороны сердечнососудистой системы. 3) Местно на кожу применяют повязки с тетрациклиновой мазью. 4) Срочная госпитализация в инфекционную больницу.

**СЫПНОЙ ТИФ.** Возбудитель – риккетсии Провацека, переносчик инфекции – платяная, а иногда и головная вошь.

**Признаки сыпного тифа:** 1) Заболевание начинается остро с повышения в течение суток температуры до 38–39 °С. 2) Сыпь, появляющаяся одновременно на 4–5-й (редко на 6-й) день болезни. Обильная, полиморфная без склонности к слиянию, располагается на передней поверхности живота и груди, боковых отделах туловища, шеи, в поясничной области, на сгибательных поверхностях рук, внутренних и передних частях верхней трети бедер. Сыпь сохраняется на протяжении всего лихорадочного периода, оставляя на некоторое время пигментацию.

**Меры профилактики распространения заболевания:** 1) Обеззараживание источника инфекции (раннее выявление и своевременная госпитализация больного), 2) ликвидация путей передачи инфекции (санитарная обработка больных сыпным тифом и лиц, общавшихся с ним, проведение дезинсекции и др.), 3) иммунопрофилактика с помощью вакцин.

**Неотложная помощь:** При высокой температуре тела 1) кладут холодный компресс на голову, 2) дают жаропонижающие средства, госпитализируют в инфекционное отделение специальным транспортом для инфекционных больных.

#### 2.5.4 Общие мероприятия по профилактике инфекционных заболеваний

Мероприятия проводят по трём направлениям: 1) обезвреживание источника инфекции; 2) разрыв путей передачи инфекции; 3) повышение невосприимчивости людей к инфекционным заболеваниям.

Важнейшее значение имеют: 1) своевременное выявление инфекционных больных, ранняя их изоляция и госпитализация; 2) контроль над соблюдением правил личной и общественной гигиены.

**Дезинфекцию** проводят с целью уничтожения во внешней среде возбудителей инфекционных заболеваний. Она бывает: 1) *Профилактической* – для предупреждения возникновения или распространения инфекционных заболеваний через места общественного пользования (столовые, бани, прачечные, парикмахерские, вокзалы и др.) путём их систематического обеззараживания. 2) *Текущей* – для обеззараживания выделений инфекционных больных, а также зараженных ими окружающих предметов. 3) *Заключительной* – после госпитализации, выздоровления или смерти инфекционного больного.

**Методы дезинфекции** делятся на *физические, механические и химические*. Из физических методов обеззараживания наибольшее применение имеют огонь, горячий воздух, кипящая вода, водяной насыщенный пар, ультрафиолетовые лучи. Химические дезинфицирующие вещества применяются в виде

растворов и взвесей, а также в парообразном и газообразном состоянии. Чаще используются хлорная известь, хлорамин, лизол.

*Дезинсекция* – уничтожение насекомых. Используются *механические, физические, химические и биологические методы*. Истребление насекомых проводится с помощью различных ловушек, липкой бумаги, путем проглаживания одежды и белья горячим утюгом, обработки горячим воздухом и паром в дезинфекционных камерах. Применяют следующие химические вещества: гексахлоран, карбофос, хлорофос в виде растворов, эмульсий и аэрозолей, а также растительные инсектициды (пиретроиды - циперметрин, виртан) и бактериальные препараты (битоксибациллин, лепидоцид).

*Дератизация* – уничтожение грызунов. Применяются яды, используются различные орудия и способы отлова и уничтожения грызунов, а также заражение грызунов болезнетворными для них и безопасными для человека и домашних животных бактериями.

*Профилактические мероприятия*, связанные с повышением невосприимчивости людей к инфекционным заболеваниям, достигаются с помощью так называемого искусственного иммунитета, который создается путем введения (прививки) в организм здоровых людей вакцин и анатоксинов.

Особенно важно *соблюдать личную гигиену* лицам, оказывающим помощь пострадавшим – комплекс мероприятий, выполнение которых помогает человеку сохранить свое здоровье. Уход за кожей является одним из требований личной гигиены. *Мыться следует не реже одного раза в неделю*, а при работе в условиях воздействия радиоактивных, бактериальных и др. вредных веществ *ежедневно по окончании работ*. *Руки мыть водой с мылом* необходимо возможно чаще и обязательно после посещения уборной, выполнения каких-либо грязных работ и перед едой. К личной гигиене относится и *уход за полостью рта, за одеждой, обувью, снаряжением*, поддержание *чистоты в жилище, режим питания*, а также *физическая культура*.

### 2.5.5 Тесты для контроля знаний

1. Почему некоторые заболевания получили название «особо опасные инфекции»? *Ответ:* а) передаются с питьевой водой; б) заканчиваются высокой смертностью; в) вызывают обширные кровоизлияния в кожу; г) имеют тяжёлую клиническую картину; д) выявляются при оказании первой медицинской помощи; е) обладают большой заразительностью.

2. Выберите три основные «звена» эпидемической цепи? *Ответ:* а) наличие специализированного возбудителя; б) наличие восприимчивых к болезни людей; в) наличие путей передачи заболевания; г) проводимый комплекс санитарно-гигиенических мероприятий; д) наличие источника инфекции.

3. Какие признаки характерны для чумы? *Ответ:* а) вздутие живота при бубонной чуме; б) боли в паху или под мышками при лёгочной форме чумы; в) кашель с выделением кровянистой мокроты при кишечной форме чумы; г) режущие боли в груди и сильная одышка при лёгочной форме чумы; д) покрасневшая кожа над лимфатическими узлами, отёчная подкожная жировая клетчатка при лёгочной форме.

4. Какую неотложную помощь следует оказать при высокой температуре тела у больного с чумой? *Ответ:* а) провести дезинфекцию; б) ввести раствор сульфокамфокаина; в) ввести антибиотики; г) дать выпить горячее молоко или боржоми; д) провести обтирание тела холодной водой, 70<sup>0</sup> спиртом, дать жаропонижающие средства.

5. Из приведенного списка выберите признаки, характерные для холеры. *Ответ:* а) Боли в паху или под мышками. б) Обильные, жидкие, окрашенные в жёлтый или зеленый цвет выделения из кишечника. в) Сыпь по всему телу. г) Сильная одышка, режущие боли в груди.

6. Какую основную помощь необходимо оказать больному при холере? *Ответ:* а) Дать таблетки от головной боли. б) Использовать жаропонижающие средства. в) Смазать кожу нейтральными жирами. г) Назначить строгий постельный режим. д) Возместить потери жидкости и назначить антибиотики.

7. Какие срочные меры профилактики распространения натуральной оспы необходимо предпринять? *Ответ:* а) Избегать сквозняков, переохлаждения, воздействия токсических веществ. б) Своевременно использовать противогрибковых препаратов. в) Провести высадку из транспорта, изоляцию больного и медицинский осмотр всех пассажиров. г) Провести дезинфекционные мероприятия. д) Наладить санитарное просвещение населения. е) Провести вакцинацию лиц, находившихся в контакте с больным.

8. Что отличает проявление натуральной оспы от других заболеваний? *Ответ:* а) Обширные кровоизлияния в кожу. б) Потрясающий озноб, высокая температура и головная боль. в) Ощущение сухости, царапания в зеве, глотке, трахее. г) Сыпь по всему телу с 3—5-го дня заболевания. д) Жидкий стул.

9. Выберите характерные признаки жёлтой лихорадки. *Ответ:* а) Образование красноватого или синеватого цвета пятнышко на месте проникновения через кожу бактерий по истечении инкубационного периода. б) Кашель с пенистой мокротой, окрашенной кровью. в) Обильные, жидкие, окрашенные в жёлтый или зелёный цвет выделения из кишечника. г) Неукротимая рвота. д) Высокая температура тела, общая слабость, сильная головная боль, головокружение, боли в пояснице, конечностях.

10. Какую неотложную помощь следует оказать при брюшном тифе? *Ответ:* а) положить холодный компресс на голову, провести обтирание тела холодной водой, 70<sup>0</sup> спиртом, дать принять жаропонижающие средства. б) Назначить строгий постельный режим, обильное питье, левомецетин. в) Провести санитарный контроль над учреждениями питания и торговой продовольственной сетью, рынками. г) Поставить горчичники на переднюю поверхность грудной клетки. д) Сделать холодный компресс на голову, дать жаропонижающие средства.

11. Как помочь больному гриппом при высокой температуре тела? *Ответ:* а) Обнажить больного, положить холодный компресс на голову, провести обтирание тела холодной водой и обдувание его вентилятором. б) Положить на кожу повязку с тетрациклиновой мазью. в) Ввести внутрь 5%-й раствор глюкозы, раствор Рингера, изотонический раствор хлорида натрия, отвар

шиповника. г) Дать больному хлорохин (делагил) и примахин по общепринятой стандартной схеме. д) Обеспечить больному покой, постельный режим, питьё горячего молока и щелочного напитка.

12. Определить меры по предупреждению заболевания гриппом. *Ответ:* а) Ограничить посещение массовых зрелищных мероприятий, временно закрыть школы, детские садики и др. на время эпидемии. б) Провести санитарную обработку больных и лиц, общавшихся с ним, провести дезинсекции и др. в) Регулярно проводить ветеринарно-санитарные мероприятия. г) Использовать механические, физические, химические и биологические методы дезинсекции. д) Постоянно употреблять для питья кипячёную воду.

13. Укажите характерные признаки дизентерии. *Ответ:* а) Покраснение лица, шеи и верхней части туловища, конъюнктивит, одутловатость лица, отечность век, припухлость губ, ярко-красный язык. б) Развитие картины тяжелой бронхопневмонии, кашель и выделение пенистой мокроты, окрашенной кровью. в) Обильная, полиморфная, сыпь на передней поверхности живота и груди, боковых отделах туловища, шеи, в поясничной области, на сгибательных поверхностях рук, внутренних и передних частях верхней трети бедер. г) Дефекация до 10-15 раз в сутки, иногда чаще, стул теряет каловый характер и состоит из слизи или гноя с примесью крови, ложные позывы на дефекацию. д) Очень бурное течение, нередко с обилием геморрагических проявлений на коже.

14. Какие меры профилактики дизентерии можно считать эффективными? *Ответ:* а) Своевременная диагностика заболевания у животных, изоляция и лечение их, обезвреживание трупов животных, контроль над содержанием скотомогильников и др. б) Санитарная охрана источников водоснабжения, очистка и хлорирование воды, соблюдение правил водопользования, спуска в общественные водоёмы бытовых и промышленных сточных вод. в) Истребление переносчика. г) Не допускать посадку на транспорт людей с симптомами болезни и лиц, соприкасавшихся с больным. д) Ограничить посещение населением массовых зрелищных мероприятий, закрытие школ, детских садиков и др. на время эпидемии.

15. Как лучше помочь больному малярией? *Ответ:* а) Обеспечить полную изоляцию очага заболевания путём введения карантина. б) Ввести средства, устраняющие нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы. в) Установить строгий внутренний санитарный режим в общежитиях, интернатах, летних лагерях и особенно в детских учреждениях с целью исключения быстрого распространения инфекции. г) Тепло укутать больного при ознобе, дать горячий сладкий чай; после прекращения озноба и высокой температуре положить холодный компресс на голову, дать обильное питье, обеспечить покой. д) Создать покой, постельный режим, дать горячее молоко либо горячее щелочное питье.

16. Выберите правильный вариант оказания неотложной помощи больным менингитом. *Ответ:* а) Начать вводить сыворотку, антибиотики, средства, устраняющие нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы. Срочная госпитализация в инфекционную больницу. б) При высокой температуре

следует обнажить больного, положить холодный компресс на голову, сделать обтирание тела холодной водой, внутрь дать жаропонижающие средства. Срочная госпитализация в больницу. в) Срочно госпитализировать больного специальным автотранспортом в инфекционное отделение, автотранспорт дезинфицировать. При невозможности срочно госпитализировать больного лечение его начать под контролем врача в домашних условиях. г) При ознобе больного тепло укутать, дать горячий сладкий чай; при высокой температуре положить холодный компресс на голову, дать обильное питье, обеспечивают покой.

17. Какая форма заболевания сибирской язвой чаще всего встречается?  
*Ответ:* а) септическая, б) кожная, в) лёгочная, г) кишечная.

18. Какой основной путь проникновения возбудителя сибирской язвы в организм? *Ответ:* а) Через желудочно-кишечный тракт. б) Воздушно-капельным путём. в) Через кожный покров. г) С укусом комаров. д) Передаются мухами.

19. Выбрать ведущий признак проявления сыпного тифа. *Ответ:* а) жидкий и частый стул у больного; б) высокая температура тела; в) рвота и обезвоживание организма; г) сыпь на теле; д) общая слабость и головная боль.

20. Выбрать основные направления мероприятий по профилактике инфекционных заболеваний. *Ответ:* а) дератизация; б) повышение невосприимчивости людей к инфекционным заболеваниям; в) дезинсекция и дезинфекция; г) обезвреживание источника инфекции; д) введение карантина; е) разрыв путей передачи инфекции.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 2

1. Что называют природными ЧС?
2. Какие опасные процессы и явления в геосфере являются источниками природных ЧС?
3. Возможные последствия природных ЧС для здоровья населения, экономики и природной среды в Республике Беларусь.
4. Какие ЧС вызываются опасными метеорологическими, гидрологическими, геологическими, геофизическими явлениями, а также пожарами в природных экосистемах?
5. Что называют биолого-социальными и другими ЧС биологического характера? Как классифицируют болезнетворные микроорганизмы и вызываемые ими заболевания?
6. Классификация инфекционных заболеваний.
7. Какие известны особо опасные инфекционные болезни людей, домашних и сельскохозяйственных животных?
8. Какие известны особо опасные болезни и вредители сельскохозяйственных растений?
9. Какие известны формы (пути) распространения инфекционных заболеваний?
10. Что называют зоной и очагом биологического поражения?
11. Какие известны биологические неинфекционные поражения людей?



12. Что называют техногенными ЧС?
13. Расскажите о транспортных авариях (катастрофах), пожарах, неспровоцированных взрывах или их угрозах, авариях с выбросом (угрозой выброса) опасных химических, радиоактивных, биологических веществ, внезапных разрушениях сооружений и зданий, авариях на инженерных сетях и сооружениях жизнеобеспечения, гидродинамических авариях на плотинах, дамбах и других инженерных сооружениях.
14. Что называют чрезвычайными экологическими ситуациями?
15. Как классифицируют ситуации экологического неблагополучия?
16. Какое воздействие оказывают опасные естественные экологические факторы на здоровье человека и на процессы в биологической среде?
17. Какие чрезвычайные экологические ситуации вызываются физическими, химическими и биологическими загрязнениями природной среды?
18. Какие известны последствия для здоровья человека комбинированного воздействия вредных экологических факторов?
19. Какие возникают опасности и ЧС при угрозе, ведении военных действий или вследствие этих действий?
20. Дайте краткую характеристику ядерного, химического и биологического оружия и возможных последствий их применения?
21. Какие известны современные обычные средства поражения и возможные последствия их применения?
22. Какие ЧС вызываются возможным применением информационного оружия?

### **3 ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РЕАГИРОВАНИЕ НА НИХ**

(лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 8 часов)

#### **3.1 ЛЕКЦИЯ: ГОСУДАРСТВЕННАЯ, НАЦИОНАЛЬНАЯ И ОБЩЕСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (2 часа)**

**План лекции:** *Государственная, национальная и общественная безопасность. Государственная система предупреждения и ликвидации ЧС. Назначение, задачи и структура системы. Органы управления, силы и средства системы. Порядок функционирования и основные мероприятия при введении режимов функционирования системы. Организация деятельности объектового звена территориальной подсистемы ГСЧС. ГО, ее структура и основные задачи. Органы управления и силы ГО. Организация ГО объекта. Алгоритмы действий государственных структур и населения по предупреждению ЧС в мирное и военное время. Планирование видов деятельности для решения проблем безопасности. Стратегия и общая характеристика мер по снижению рисков ЧС. Планирование мероприятий при угрозе и(или) на случай возникновения ЧС. Механизмы реагирования на ЧС. Основы организации системы мониторинга и прогнозирования ЧС. Сущность прогнозирования ЧС.*

*Государственная безопасность* – уровень защищенности государства от внешних и внутренних угроз. *Национальная безопасность* – защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства в жизнедеятельности от внешних и внутренних угроз, обеспечивающая устойчивое развитие страны. Она имеет три взаимозависимых уровня: *безопасность человека (гражданина), безопасность общества и безопасность государства.*

*Общественная безопасность* – понятие, выраженное в уровне защищенности личности и общества, преимущественно, от внутренних угроз опасного характера. Это совокупность нормальных общественных отношений, установленных нормативно-правовыми актами, обычаями и традициями, обеспечивающих достаточный уровень личной безопасности членов общества и самого общества в целом. Одними из критериев ее оценки следует считать уровень защиты личности и общества от последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф, удельным уровнем преступлений и правонарушений, влияющих на состояние безопасности общества и отдельных граждан.

*Техногенная безопасность* – уровень защищенности от угроз техногенного характера. Существуют также *экологическая безопасность и защита от угроз стихийных бедствий, экономическая безопасность, энергетическая безопасность; информационная безопасность и безопасность личности.*

*Обеспечение национальной безопасности* – комплекс политических, экономических, социальных, здравоохранительных, военных и правовых мероприятий, направленных на обеспечение нормальной жизнедеятельности нации, устранение возможных угроз. Они включают в себя: 1) формирование улучшенного стабильного экономического состояния гражданина в отношении других граждан проживающих на территории данного государства; 2) защиту государственного строя; 3) защиту общественного строя; 4) обеспе-

чение территориальной неприкосновенности и суверенитета; 5) обеспечение политической и экономической независимости нации; 6) обеспечение здоровья нации; 7) охрана общественного порядка; 8) борьбу с преступностью; 9) обеспечение техногенной безопасности и защиту от угроз стихийных бедствий. *Органы, обеспечивающие национальную безопасность*, – армия, службы разведки и контрразведки, правоохранительные органы, медицинские органы. Для обеспечения безопасности постановлением Совета Министров РБ от 10 апреля 2001 г. № 495 «О государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» создана *государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций* (ГСЧС).

ГСЧС построена по территориальному, отраслевому и производственному принципам. Ее образуют: 1) правительственная комиссия по ЧС, 2) МЧС, 3) территориальные и 4) отраслевые подсистемы. ГСЧС имеет четыре уровня: 1) республиканский, 2) территориальный, 3) местный и 4) объектовый. Каждый уровень ГСЧС имеет координирующие органы, постоянно действующие органы повседневного управления по ЧС, силы и средства, системы связи, оповещения, информационного обеспечения, резервы финансовых и материальных ресурсов (рис. 3.1.1).

*Главной задачей ГСЧС* является обеспечение безопасного проживания населения, защита его от поражающих факторов ЧС, предупреждение и ликвидация ЧС. Она включает: 1) разработку и реализацию правовых и экономических норм по обеспечению защиты населения и территорий от ЧС; 2) осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение ЧС и повышение устойчивости функционирования организаций, а также объектов социального назначения в ЧС; 3) обеспечение готовности к действиям органов управления по ЧС, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации ЧС; 4) создание республиканского, отраслевых, территориальных, местных и объектовых резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС; 5) сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от ЧС; 6) подготовку населения к действиям в ЧС; 7) прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС; 8) осуществление государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты населения и территорий от ЧС; 9) ликвидация ЧС; 10) осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от ЧС, проведение гуманитарных акций; 11) реализация прав и обязанностей населения в области защиты от ЧС, а также лиц, непосредственно участвующих в их ликвидации; 12) международное сотрудничество в области защиты населения и территорий от ЧС; 13) планирование и осуществление комплекса мер по защите населения и территорий от ЧС; организация и осуществление мер по подготовке к проведению мероприятий ГО; 14) оперативное доведение до государственных органов и других организаций и населения сигналов оповещения и информации о возникающих ЧС, порядке и правилах поведения в сложившейся обстановке; 15) мониторинг и прогнозирование ЧС.

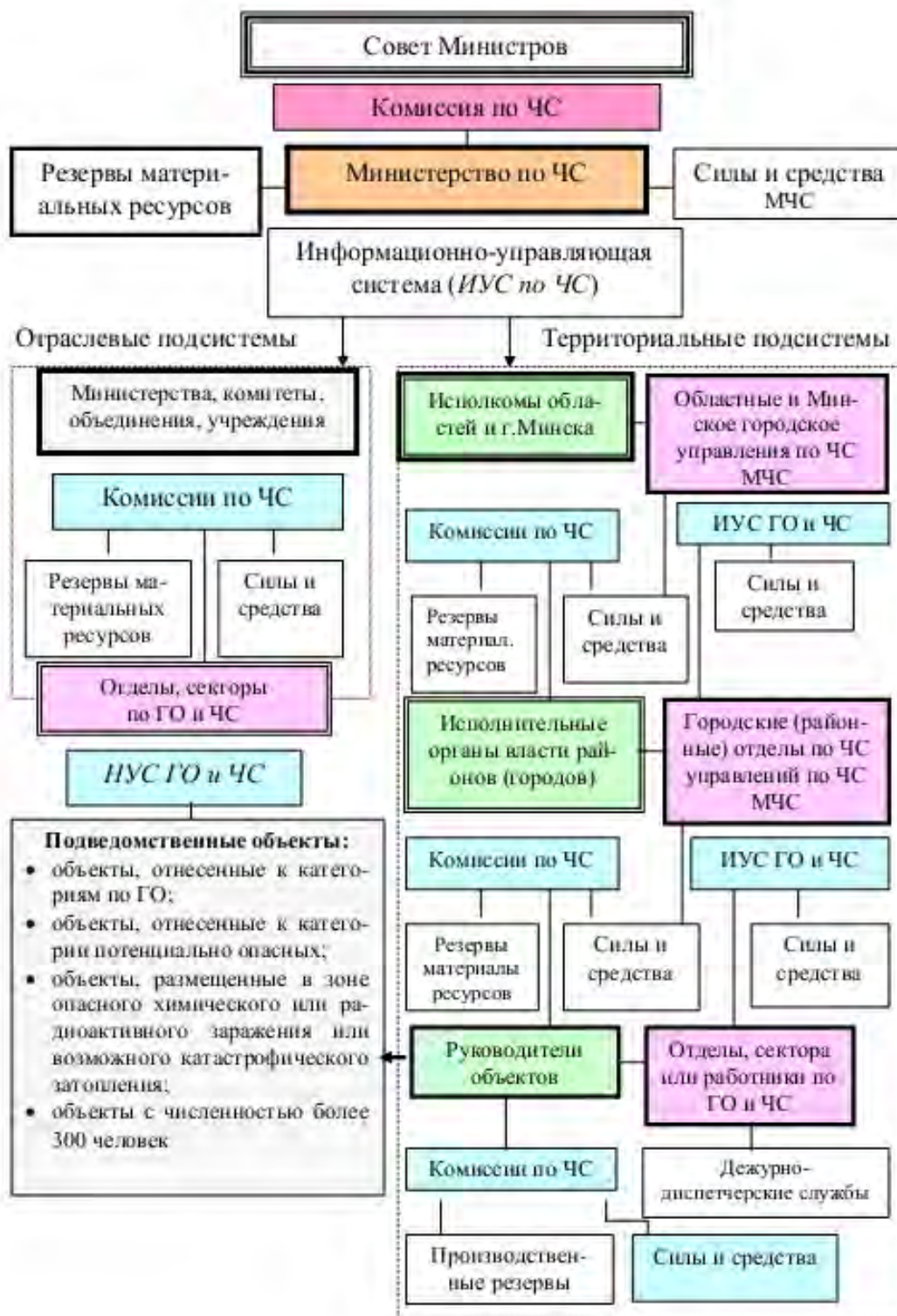


Рис. 3.1.1. Структура Государственной системы по предупреждению и ликвидации ЧС

*Органы управления ГСЧС:* 1) на республиканском уровне – МЧС, отделы (секторы) по ЧС республиканских органов государственного управления, объединений (учреждений), подчиненных Правительству Республики Беларусь; 2) на территориальном уровне – областные и Минское городское управления МЧС; 3) на местном уровне – районные (городские) отделы по ЧС областных и Минского городского управления МЧС; 4) на объектовом

уровне – структурные подразделения организации (объекта) – отделы, секторы или отдельные работники, занимающиеся вопросами ГО и ЧС.

*Структура ГСЧС:* 1) комиссии по ЧС (правительственные, областные, городские, районные, ведомственные, объектовые); 2) Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС); 3) силы и средства наблюдения и контроля состояния природной среды и потенциально опасных объектов; 4) силы и средства ликвидации ЧС различных министерств и ведомств (см. рис. 3.1.1).

*Силы и средства ГСЧС* состоят из: 1) органов и подразделений МЧС; 2) территориальных и объектовых невоенизированных формирований ГО; 3) организаций и подразделений экстренной медицинской помощи Министерства здравоохранения; 4) штатных аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных подразделений и формирований министерств, других республиканских органов государственного управления, объединений (учреждений), подчиненных Правительству Республики Беларусь; 5) учреждений ветеринарной службы и станций защиты растений Министерства сельского хозяйства и продовольствия; 6) территориальных и объектовых аварийно-спасательных формирований; 7) специализированных подразделений, создаваемых на базе объединений, организаций строительного комплекса.

*Режимы функционирования ГСЧС:* 1) режим повседневной деятельности – при нормальной производственно-промышленной, радиационной, химической, биологической, сейсмической и гидрологической обстановке; 2) режим повышенной готовности – при ухудшении этих составляющих или получении прогноза о возможной ЧС; 3) режим ЧС – при возникновении и во время ликвидации ЧС. Основные мероприятия при введении режимов функционирования системы представлены в табл. 3.1.1.

Функционирование ГСЧС обеспечивает республиканский орган государственного управления по ЧС – МЧС. Мероприятия по защите населения и территорий от ЧС, совершенствованию материально-технической базы государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС предусматриваются программами социально-экономического развития РБ.

*Объектовое звено территориальной подсистемы ГСЧС* предназначено для предупреждения ЧС, а в случае их возникновения: 1) для ликвидации последствий ЧС, 2) обеспечения безопасности постоянного и переменного состава в учебных, производственных помещениях и на территории объекта, 3) защиты окружающей среды и уменьшения материального ущерба от ЧС. Основными задачами объектового звена являются: 1) участие в проведении единой государственной политики в области предупреждения и ликвидации ЧС; 2) руководство разработкой и осуществлением мероприятий по предупреждению ЧС, повышению надёжности функционирования потенциально опасных лабораторий, цехов и структурных подразделений объекта, обеспечению устойчивости их функционирования при возникновении ЧС; 3) организация и выполнение работ по созданию и поддержанию в состоянии готовности локальных систем контроля и оповещения; 4) обеспечение готовности органов управления, сил и средств к действиям при ЧС, руководство ликвидацией ЧС и эвакуацией личного состава объекта и членов их семей; 5) руко-

водство созданием и подготовкой мероприятий по эффективному использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для предотвращения и ликвидации ЧС; 6) прогнозирование и оценка экономических и социальных последствий ЧС; 7) организация подготовки руководящего состава, сил и средств, а также структурных подразделений и служб к действиям в ЧС.

Таблица 3.1.1.

### Режимы функционирования ГСЧС

Режим повседневной деятельности	Режим повышенной готовности	Режим чрезвычайной ситуации
<ul style="list-style-type: none"> <li>• наблюдение и контроль за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и на прилегающих к ним территориях;</li> <li>• планирование и выполнение мероприятий по предупреждению ЧС, обеспечению безопасности и защиты населения, сокращению возможных потерь и ущерба от ЧС, а также по повышению устойчивости функционирования объектов хозяйствования в ЧС;</li> <li>• совершенствование подготовки органов управления, сил и средств ГСЧС к действиям в ЧС, организация обучения населения способам защиты и действиям при ЧС;</li> <li>• создание и восполнение резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС;</li> <li>• осуществление целевых видов страхования.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• организация КЧС руководством функционированием ГСЧС и ее подсистем, формирование при необходимости оперативных групп для выявления причин ухудшения обстановки в районе возможной ЧС и выработки предложений по ее реализации;</li> <li>• уточнение планов защиты населения и территорий от ЧС областей (районов) и планов ликвидации аварийных ситуаций на объектах;</li> <li>• усиление дежурно-диспетчерской службы;</li> <li>• усиление наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях, прогнозирование возможности возникновения ЧС и их масштабов;</li> <li>• принятие мер по защите населения и окружающей среды, по обеспечению устойчивого функционирования объектов;</li> <li>• приведение в состояние готовности, уточнение планов действий и выдвижение в предполагаемый район ЧС средств ГСЧС.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• частичное или полное введение в действие планов защиты населения и территорий от ЧС областей (районов) и планов ликвидации аварийных ситуаций на объектах;</li> <li>• организация защиты населения в полном объеме;</li> <li>• выдвижение оперативных групп в район ЧС;</li> <li>• организация ликвидации ЧС;</li> <li>• организация работ по обеспечению устойчивого функционирования в ЧС отраслей экономики и объектов, полному жизнеобеспечению пострадавшего населения;</li> <li>• определение границ зоны ЧС;</li> <li>• осуществление непрерывного контроля за состоянием окружающей среды в районе ЧС, за обстановкой на аварийных объектах и прилегающей к ним территории.</li> </ul>

*Гражданская оборона (ГО)* – составная часть оборонных мероприятий Республики Беларусь по подготовке к защите и по защите населения, материальных и историко-культурных ценностей на территории Республики Беларусь от опасностей, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий. *Структура ГО*: включает структуру ГСЧС и МЧС, а службами ГО становятся отдельные их службы.

*Основными задачами в области ГО являются:* 1) обучение населения способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий; 2) подготовка и переподготовка руководящего состава органов управления и сил ГО, создание и совершенствование учебной базы ГО; 3) создание и поддержание в постоянной готовности органов управления и сил ГО, средств и объектов ГО; 4) создание, накопление, хранение резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС и использование их при выполнении мероприятий ГО; 5) обеспечение устойчивого функционирования экономики и ее отдельных объектов, коммуникаций и систем жизнеобеспечения населения в военное время; 6) оповещение населения, государственных органов и иных организаций об опасностях, возникающих (возникших) при ведении военных действий; 7) временное отселение населения, укрытие в защитных сооружениях, предоставление средств индивидуальной защиты; 8) эвакуация материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы в случае, если существует реальная угроза их уничтожения, похищения или повреждения; 9) проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ; 10) первоочередное обеспечение населения, пострадавшего от опасностей, возникших при ведении военных действий, водой, продуктами питания, оказание медицинской помощи и принятие других необходимых мер; 11) обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому (бактериологическому) и иному заражению; 12) санитарная обработка населения, обеззараживание территорий, техники, зданий и других объектов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому (бактериологическому) и иному загрязнению (заражению); 13) поддержание общественного порядка в районах, пострадавших от опасностей, возникших при ведении военных действий.

Руководство ГО в РБ осуществляет Совет Министров РБ. *Органами управления ГО являются:* А. В мирное время: 1) на республиканском уровне – МЧС; 2) на территориальном уровне – областные и Минское городское управления Министерства по ЧС; 3) на местном уровне – районные (городские) отделы по ЧС областных и Минского городского управлений Министерства по ЧС, работники сельских и поселковых исполнительных комитетов, обеспечивающие выполнение мероприятий ГО; 4) на отраслевом и объектовом уровнях – структурные подразделения (работники) республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству РБ, других организаций, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени, обеспечивающие выполнение мероприятий ГО. Б. В военное время: штабы ГО, созданные на базе МЧС, областных и Минского городского управлений и других органов государственного управления (рис. 3.1.2).

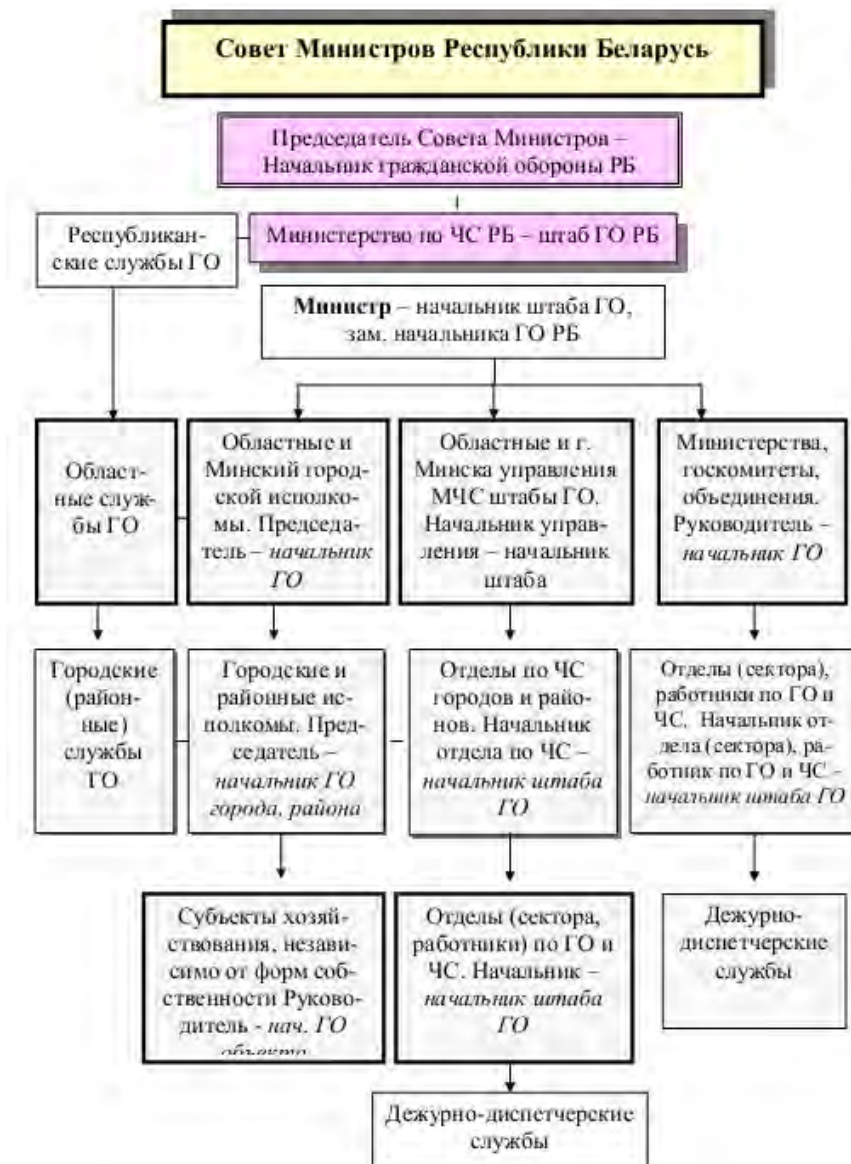


Рис. 3.1.2. Структура ГО РБ в системе МЧС

Силы ГО состоят из служб ГО; гражданских формирований ГО; сети наблюдения и лабораторного контроля ГО. Службы ГО создаются решением Совета Министров РБ, местных исполнительных и распорядительных органов, руководителей других организаций, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени. Гражданские формирования ГО создают организации, имеющие потенциально опасные объекты и эксплуатирующие их или имеющие экономическое значение.

*Организация гражданской обороны объекта.* Начальником ГО объекта является руководитель объекта. По вопросам ГО ему подчинены: заместители, комиссия по ЧС (на крупных объектах), отдел (сектор, работники) по ГО и ЧС, нештатная эвакуационная комиссия, службы (убежищ и укрытий, противорадиационной и противохимической защиты, материально-технического снабжения, аварийно-техническая, связи, медицинская, транспортная, противопожарная), нештатные формирования общего назначения и формирования служб. В зависимости от типа объекта отдельные службы и формирования



могут отсутствовать, а службы могут быть как прямого, так и двойного назначения. Кроме того, на особо важных объектах могут быть комиссии по повышению устойчивости функционирования производства в ЧС военного времени, служба наблюдения и лабораторного контроля (охраны окружающей среды), дежурно-диспетчерская служба, информационного обеспечения и др.

Ведение ГО в полном объеме начинается с момента объявления состояния войны. В мирное время все органы исполнительной власти и организаций обязаны планировать и проводить установленные мероприятия по гражданской обороне.

*Снижение риска возникновения ЧС* – комплекс мероприятий, направленных на уменьшение риска индивидуального и риска социального с учетом возможных экономических и специальных факторов. Экономический механизм, составляющий нормативно-правовую основу финансового обеспечения мероприятий по управлению техногенным и природным риском и его снижению составляют источники, объекты и условия финансирования мероприятий по предупреждению ЧС. Планирование и применение мер по снижению риска ЧС направлено на поддержание приемлемых уровней риска и достижение состояния минимального риска. При планировании мер готовности к аварийным ситуациям применяют так называемый «фазированный» подход, который включает в себя 5 фаз: 1) Оценка степени риска. Выявление источников опасности. 2) Предупредительные меры. Принятие мер, которые предотвратят или уменьшат опасность. 3) Готовность. Разработка плана, подготовки, реагирования и восстановления. 4) Реагирование. Действие и приемы, которые необходимо выполнить в случае аварии. 5) Восстановительные работы. Ликвидация последствий аварии.

*План действий по предупреждению и ликвидации ЧС* в мирное время – это заранее разработанный, обоснованный, материально обеспеченный комплекс защитных мероприятий, выполнение которых должно способствовать успешному решению поставленных задач. Он состоит из двух разделов и четырех приложений. В первом разделе дается краткая оценка возможной обстановки на территории области при возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. Во втором разделе планируются мероприятия при угрозе и возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. а) При угрозе возникновения ЧС – режим повышенной готовности. б) При возникновении ЧС – чрезвычайный режим.

Приложения к плану на мирное время следующие: 1. Решение начальника ГО по ликвидации ЧС (карта). 2. Календарный план основных мероприятий территориальной подсистемы ГСЧС при угрозе и возникновении производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. 3. Расчет сил и средств территориальной подсистемы ГСЧС, привлекаемых для выполнения мероприятий при угрозе и возникновении производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий (общие данные по каждому их виду). 4. Организация управления, оповещения и связи при угрозе и возникновении производствен-

ных аварий, катастроф и стихийных бедствий. План утверждается начальником гражданской защиты объекта и согласовывается с управлением (отделом) ГО и ежегодно корректируется постоянно на 1 января очередного года.

*Механизмы реагирования на ЧС* включают в себя управление риском – это разработка и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности. Главный элемент такой деятельности – процесс обеспечения безопасности. Главный элемент такой деятельности – процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов на снижение различных видов риска с целью достижения такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только возможен с точки зрения экономических и социальных факторов. Этот процесс основан на мониторинге окружающей среды и анализе риска. При этом проводится целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который общество считает приемлемым, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время. Для управления рисками чрезвычайных ситуаций используют: 1) систему мониторинга, анализ риска и прогнозирования ЧС; 2) систему предупреждения ЧС и механизмы государственного регулирования рисков; 3) систему ликвидации ЧС, включая оперативное реагирование на ЧС, технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных работ, первоочередного жизнеобеспечения и реабилитации пострадавшего населения; 4) систему подготовки руководящего состава органов управления, специалистов и населения в области снижения рисков и уменьшения масштабов ЧС.

*Прогнозирование ЧС* – опережающее отражение вероятности возникновения и развития ЧС на основе анализа возможных причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем. Прогнозирование может носить долгосрочный, краткосрочный или оперативный характер. Методы прогнозирования: 1) экспертные оценки; 2) экстраполирование; 3) моделирование; 4) применение аналогий.

Различают обобщенную (оценка любой ЧС) и частную (для отдельных ЧС) оценки ЧС. Прогнозирование ЧС: I. прогнозирование возникновения: 1. по параметрам: а) место; б) сила; в) время; г) частота; 2. по времени: 1) долгосрочный; 2) краткосрочный; 3) среднесрочный. Более точными являются кратковременные, менее точными – долгосрочные прогнозы. Оправдываемость прогнозов составляет не менее 70%. II. прогнозирование последствий: 1. Априорные (заблаговременно и оперативно по факту). 2. Апостериорные.

Мероприятия, необходимые для предотвращения ущерба от ЧС, подразделяются на фоновые и защитные. Фоновые (постоянно проводимые) мероприятия, основанные на долгосрочном прогнозе, включают следующее: 1) выполнение строительно-монтажных работ с учетом требований СНиП; 2) создание надежной системы оповещения населения об опасностях; 3) накопление фонда защитных сооружений и обеспечение населения средствами индивидуальной защиты; 4) организация радиационного, химического и бактериологического наблюдения, разведки и лабораторного контроля; 5) всеобщее обязательное обучение населения правилам поведения и действиям в ЧС;

б) проведение режимных, санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий; 7) отказ от строительства потенциально опасных объектов в экономически уязвимых зонах; 8) перепрофилирование объектов – источников повышенной опасности для здоровья и жизни людей; 9) материально-техническое и финансовое обеспечение мероприятий ГО; 10) практическая отработка планов ликвидации последствий ЧС.

Защитные мероприятия, которые необходимы, когда предсказан момент ЧС, включают в себя: 1) развертывание системы наблюдения и разведки, необходимых для уточнения прогноза; приведение в готовность системы оповещения населения о ЧС; 2) ввод в действие специальных правил функционирования экономики и общественной жизни; 3) нейтрализация источников повышенной опасности при ЧС, прекращение операций с ними; 4) приведение в готовность аварийно-спасательных служб; 5) частичная эвакуация населения.

С целью *прогнозирования ЧС* в мирное и военное время в РБ постановлением Совета Министров Республики Беларусь №1466 от 19 ноября 2004 г. создана *система мониторинга и прогнозирования ЧС (СМПЧС)* (радиационный мониторинг – рис. 3.1.3).

Целью СМПЧС является разработка и реализация мер по предупреждению и ликвидации ЧС, минимизации их социально-экономических и экологических последствий. СМПЧС функционирует в рамках ГСЧС и проводит до 15 отдельных видов мониторинга (наблюдений и контроля, проводимых регулярно, по определенной программе) источников ЧС (транспортных аварий с опасными грузами, пожаров и взрывов на опасных производственных объектах, аварий с выбросом АХОВ на объектах и др.).



Рис. 3.1.3<sup>68</sup> – Сеть пунктов наблюдений радиационного мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв (по состоянию на 01.01.2011 г.).

<sup>68</sup> 1) вертикальной миграции радионуклидов в почвах, 2) мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, 3) радиационный мониторинг поверхностных вод, 4, 5) радиационный мониторинг почв, 6) радиационный мониторинг атмосферы.

СМПЧС представляет собой совокупность систем наблюдения 11 органов государственного управления (Министерство транспорта и коммуникаций, Министерство энергетики, Белорусский государственный концерн по нефти и химии, Министерство промышленности и др.). Организует и координирует функционирование СМПЧС, обеспечивает сбор, хранение, обработку информации о ЧС ситуациях и их прогнозирование МЧС (рис. 3.1.4).

Для *прогнозирования природных ЧС* используют закономерности территориального распределения, и проявления во времени различных процессов и явлений, происходящих в неживой природе.

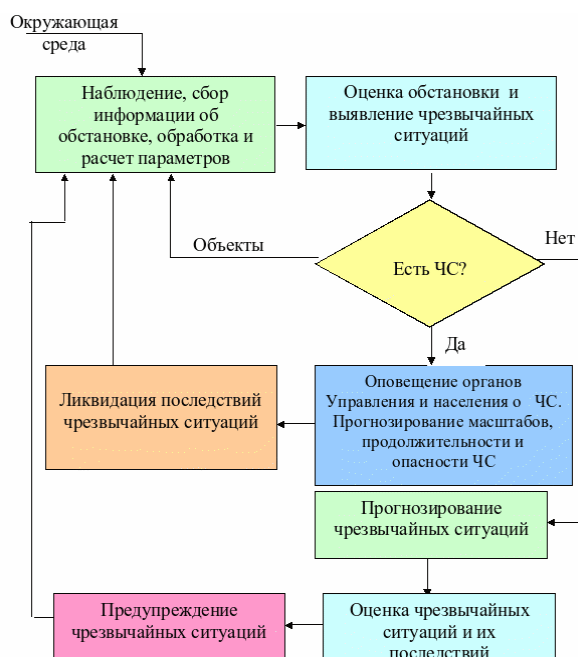


Рис. 3.1.4. Этапы проведения мониторинга и прогнозирования

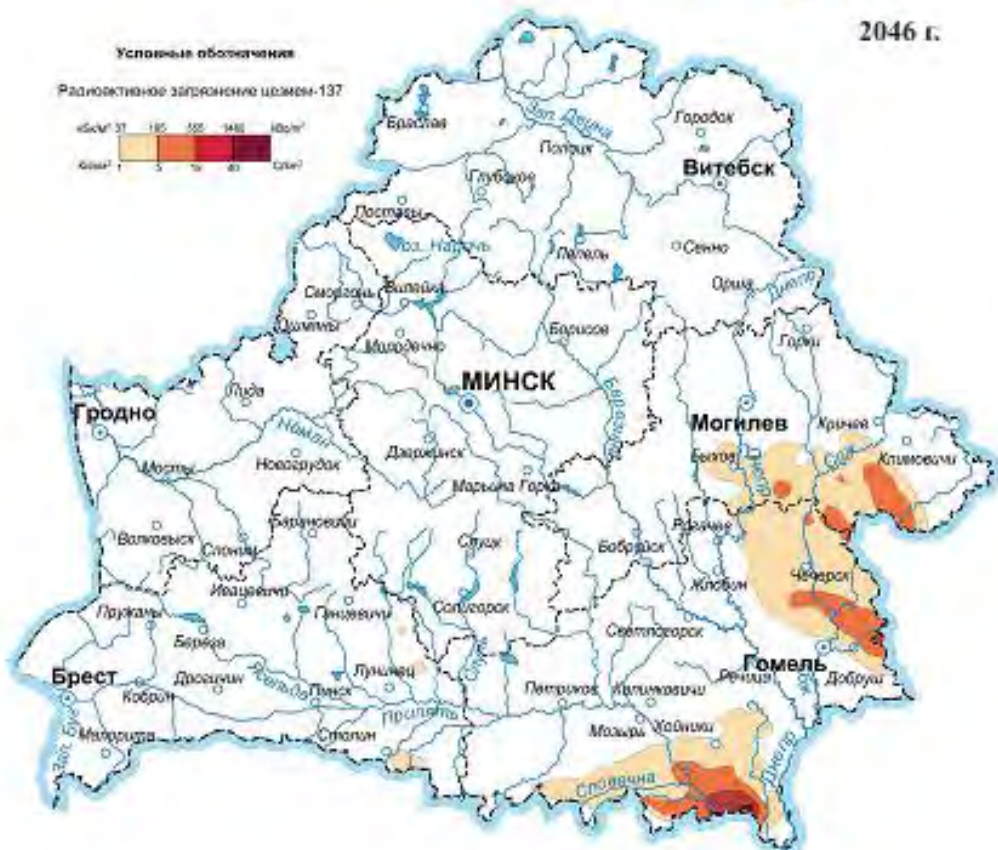
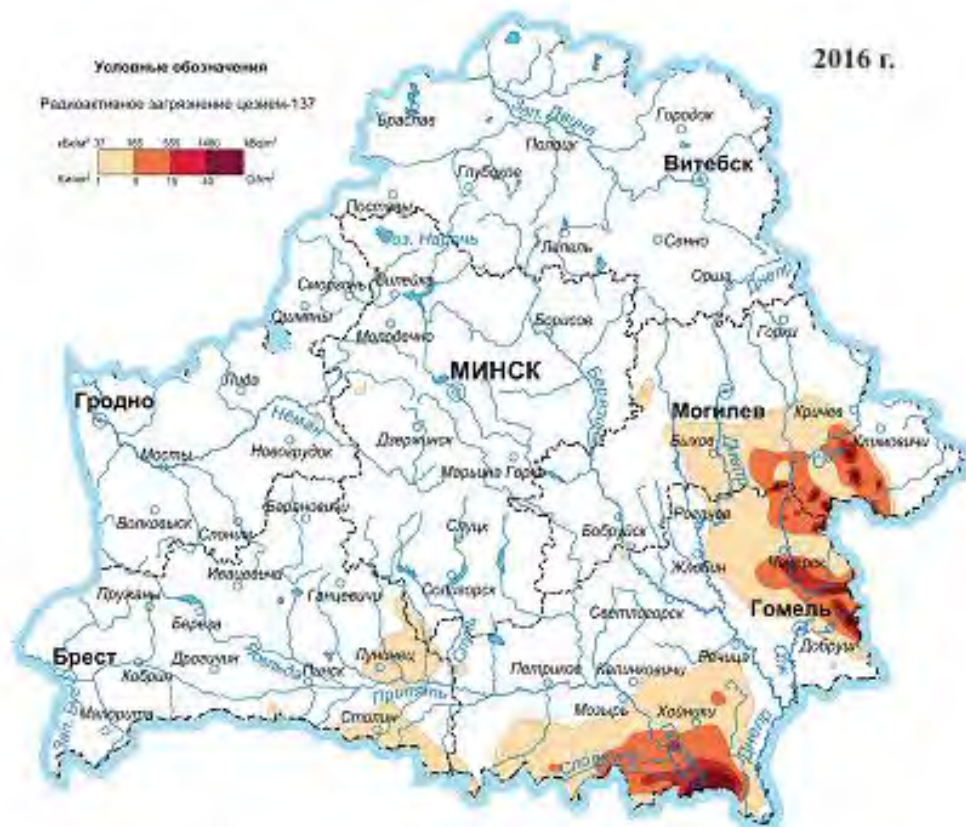


Рис. 3.1.5. Прогноз радиоактивного загрязнения территории РБ 2016 и 2046 гг.

Прогнозируют бури, ураганы, смерчи, ливни, затяжные дожди, заморозки и сильные снегопады, грозу, молнии, град и др. Для прогнозирования влияния скрытых очагов пожара (подземных или торфяных) на возможность возникновения лесных пожаров используется фотосъемка в инфракрасной части спектра, осуществляемая с самолётов или космических аппаратов.

В качестве примера прогнозирования приводим карту прогнозирования радиоактивного загрязнения цезием-137 территории РБ на 2016 и 2046 гг. (рис. 3.1.5).

### **3.2 ЛЕКЦИЯ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СНИЖЕНИЮ РИСКОВ И УЩЕРБОВ В ЭКОНОМИКЕ (2 часа)**

*План лекции: Обобщенная оценка ЧС: величины социального, экономического, экологического рисков и ущербов. Особенности методологии оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека. Частные методики управления рисками. Основные направления деятельности органов государственного управления, организаций всех форм собственности и населения по предупреждению ЧС, снижению возможного социального, экономического, экологического рисков и ущербов. Оповещение населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. Предупреждение ЧС, вызванных террористическими действиями. Меры безопасности при проведении массовых общественных мероприятий.*

Обобщенная оценка ЧС определяет величину социального, экономического и экологического риска, экономического ущерба различными отраслями экономики, социального ущерба жизни и здоровью человека и ущерба природной среде. В качестве критериев риска принимают величину допустимого риска, величину приемлемого риска и величину недопустимого риска (табл. 3.2.1).

Под риском понимают вероятность частоты возникновения опасностей определенного класса или же размер возможного ущерба от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин.

Основными элементами оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека являются: 1) Идентификация опасности – обобщение всей доступной информации, касающейся конкретного региона, источников загрязнений и их природы.

2) Оценка воздействующих доз, которая включает три основных этапа: а) характеристику окружающей обстановки, б) идентификацию маршрутов воздействия, потенциальных путей распространения и в) количественную характеристику экспозиции. 3) Оценка зависимости «доза-эффект» – количественная связь между уровнем воздействия и возникающими в результате этого вредными эффектами в состоянии здоровья. Определяют два основных типа вредных эффектов: канцерогенный и не канцерогенный. 4) Оценка риска – интеграция всех полученных данных. Расчет рисков и их характеристика проводится отдельно для канцерогенных и не канцерогенных эффектов.

Таблица 3.2.1.

**Классификация и характеристика видов риска**

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации технических систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	ЧС, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

Во внимание принимают: 1) индивидуальный канцерогенный риск в течение всей жизни, который определяется как дополнительный (над фоновым) риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни при воздействии конкретного вещества в определенной концентрации или дозе; 2) годовой популяционный онкологический риск определяется в виде числа дополнительных случаев рака, ожидаемых в течение каждого года, на определенное количество населения в изучаемом регионе в результате воздействия конкретной дозы канцерогена; 3) индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при воздействии загрязнителей в течение всей жизни (рис. 3.2.1).

Меры по снижению возможных потерь и ущерба, уменьшению масштабов ЧС весьма многочисленны и многоплановы. Они осуществляются по ряду направлений и включают конкретные мероприятия научного, инженерно-технического и технологического характера, осуществляемые по видам природных и техногенных опасностей и угроз. Часть этих мероприятий проводят в рамках инженерной, радиационной, химической, медицинской, медико-биологической и противопожарной защиты населения и территорий от ЧС.

Предупреждение *опасных природных явлений* связано с большими трудностями из-за несопоставимости их мощи с возможностями людей (землетрясения, ураганы, смерчи и др.). Однако существуют опасные природных явлений и процессы, негативному развитию которых можно воспрепятствовать целенаправленной деятельностью людей. К ним относят мероприятия по преду-



преждевению влияния града, предупредительный спуск лавин, заблаговременное уничтожение селевых озер и озер, образовавшихся в результате завалов русел горных рек, а также другие случаи, когда систематическое снижение накапливающегося потенциала опасных природных явлений оказывается эффективным.



Рис. 3.2.1. Воздействие факторов окружающей среды на здоровье человека

В *техногенной сфере* работа по предупреждению аварий ведется на конкретных объектах и производствах. Для этого используют такие меры, как: 1) совершенствование технологических процессов, 2) повышение надежности технологического оборудования и эксплуатационной надежности систем, 3) своевременное обновление основных фондов, 4) применение качественной конструкторской и технологической документации, высококачественного сырья, материалов, комплектующих изделий, 5) использование квалифицированного персонала, 6) создание и использование эффективных систем технологического контроля и технической диагностики, 7) безаварийной остановки производства, 8) локализация и подавление аварийных ситуаций и многое другое.

Работу по предотвращению аварий проводят соответствующие технологические службы предприятий, их подразделения по технике безопасности.

К мерам по предотвращению ЧС *биолого-социального характера* относят локализацию и подавление природных очагов инфекций, вакцинацию населения и сельскохозяйственных животных и др. Наиболее эффективными способами не допустить распространения эпидемии являются карантин и обсервация.

*Карантин* объявляется, если вид возбудителя особо опасен. Проводят следующие мероприятия: организуют полную изоляцию очага заражения с вооруженной охраной; выход и выезд людей, вывоз животных, а также имущества запрещают; прекращается работа предприятий и учреждений за исключением крайне необходимых; проводят комплекс медицинских мероприятий; снабжение продуктами осуществляют через перегрузочные пункты; органи-

зуют максимальную разобщенность людей; запрещают транзитный проезд через очаг заражения.

*Обсервация* объявляется, если вид возбудителя не особо опасен. Для этого ограничивают въезд и выезд на территорию; вывоз имущества разрешают только после дезинфекции; усиливают медицинский контроль над качеством продуктов; проводят медицинскую профилактику населения; выявленных больных своевременно изолируют и направляют в лечебные учреждения.

*Предупреждение экологических ЧС* включает в себя мероприятия по овладению населением экологического мировоззрения; комплекс мероприятий по обеспечению экологической безопасности, по защите природной среды от человеческой деятельности; комплекс мероприятий по повышению устойчивости организма человека к выживанию в условиях экологических загрязнений; мероприятия по предупреждению отдельных экологических ЧС.

*Оповещение населения о ЧС* обеспечивает автоматизированная система централизованного оповещения. Она включает сирены, производственные гудки, др. сигнальные устройства, передаёт речевую информацию по радио и телевидение. Оповещаются также и должностные лица по служебным и квартирным телефонам. Информация дублируют радио и проводными средствами связи. Применяют уличные громкоговорители, а в сельской местности – колокола церковей или удары по металлу, локальные системы оповещения. В дневное время население должно быть оповещено за 5 минут, в ночное – за 10–15 минут.

Для мирного времени установлен сигнал оповещения о ЧС: «*Внимание Всем!*». Включаются на 3 минуты сирены и другие сигнальные устройства. Услышав сигнал, гражданин должен включить радиоточку, радиоприемник или телевизор на местную станцию и выслушать информацию о ЧС и рекомендации по защите.

С объявлением военного положения вводят сигналы: «*Воздушная тревога!*», «*Отбой воздушной тревоги!*», «*Химическая тревога!*», «*Радиационная опасность!*». Включают сирены и другие сигнальные устройства на 3 минуты. Одновременно по радио и телевидению многократно повторяется «*Граждане! Воздушная тревога!*», либо «*Химическая тревога!*», либо «*Радиационная опасность!*», население укрывают в защитные сооружения. Если люди остаются дома, то необходимо провести герметизацию помещения. По радио могут быть объявлены дополнительные рекомендации по защите.

Борьба с терроризмом возможна только при активной поддержке всего населения, каждого гражданина. Элементарная бдительность может спасти сотни и тысячи человеческих жизней, материальные ценности/ Террористы используют большой арсенал средств для взрывов – от самодельных устройств до гранат. Радиус поражения этих средств – от десятков до нескольких сот метров. Способы их установки и приведения в боевое положение разные. Например, подложенную в автомобиль гранату приводят в боевое положение, продев леску в кольцо чеки и закрепив к неподвижному предмету. Не заметивший лески владелец трогается с места, чека срывается и происходит взрыв. Иногда устанавливается во взрывное устройство и часо-

вой механизм, работу которого можно услышать в непосредственной близости от взрывного устройства. Не исключено, что граната может подкатиться под ноги, необходимо быстро отскочить в сторону. Возможными последствиями применения оружия при диверсиях и террористических действиях могут быть физическое устранение политических оппонентов, преступления против личности, групповые убийства, массовая гибель граждан, устрашение гражданского населения, дестабилизация деятельности государственной власти и нанесение экономического ущерба.

*Массовое мероприятие* – это обобщающее понятие, которое включает в себя собрание, митинг, уличное шествие, демонстрацию, пикетирование и иное массовое мероприятие (регламентируются Законом РБ «О массовых мероприятиях в Республике Беларусь» от 30 декабря 1997 г. № 114-З, в редакции от 8 ноября 2011 г. № 308-З, Декретом Президента Республики Беларусь от 09.09.1999 г. № 36 «О некоторых мерах по предупреждению чрезвычайных происшествий при проведении массовых мероприятий»). Отличие указанных массовых мероприятий принципиально важно, поскольку при подаче заявления на проведение массового мероприятия необходимо будет правильно определить и указать его вид. При проведении массового мероприятия его участники обязаны соблюдать общественный порядок и выполнять все законные требования организаторов проводимого массового мероприятия, работников органов внутренних дел и представителей общественности, выполняющих обязанности по охране общественного порядка.

Участникам мероприятий запрещается: 1) препятствовать движению транспорта и пешеходов; 2) создавать помехи для бесперебойного функционирования организаций; 3) устанавливать палатки, иные временные сооружения; 4) воздействовать в какой бы то ни было форме на работников милиции в целях воспрепятствования выполнению ими служебных обязанностей, а также на представителей общественности, выполняющих обязанности по охране общественного порядка; 5) иметь при себе холодное, огнестрельное, газовое или иное оружие, взрывчатые вещества и боеприпасы, их имитаторы и муляжи, а также специально изготовленные или приспособленные предметы, использование которых может представлять угрозу жизни и здоровью людей либо причинить материальный ущерб гражданам и организациям; 6) использовать плакаты, транспаранты и иные средства, содержащие призывы к насильственному изменению конституционного строя либо пропагандирующие войну, социальную, национальную, религиозную или расовую вражду, унижающие честь и достоинство личности; 7) действовать методами, создающими угрозу общественной безопасности, жизни и здоровью участников указанных мероприятий или других лиц, либо скрывать свои лица под масками; 8) пользоваться флагами, вымпелами, не зарегистрированными в установленном порядке, а также эмблемами, символами, плакатами и транспарантами, содержание которых направлено на причинение ущерба конституционному строю и общественному порядку, правам и законным интересам граждан; 9) запрещается реализация алкогольных напитков и пива в местах

проведения массовых мероприятий и в радиусе 500 метров прилегающих к ним территорий.

### 3.3 ЛЕКЦИЯ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ (2 часа).

**План лекции:** *Стратегия устойчивого развития экономики. Воздействие ЧС на экономику. Промышленная безопасность – элемент системы национальной безопасности. Терминология в области промышленной безопасности. Государственное управление промышленной безопасностью. Классификация опасных производственных объектов. Анализ риска опасных производственных объектов. Особенности обеспечения безопасности объектов в химической, нефтехимической промышленности. Техническое расследование причин аварий. Экспертиза и декларация промышленной безопасности. Устойчивость функционирования объекта. Факторы, влияющие на устойчивость его работы в условиях рыночной экономики. Основные мероприятия по предупреждению ЧС техногенного характера на объекте, повышению его устойчивой работы в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. Безопасность объектов энергетики. Классификация объектов энергетики по степени опасности для жизнедеятельности человека. Анализ риска возникновения аварий и катастроф. Основные мероприятия по предупреждению ЧС на объектах энергетики, повышению их устойчивой работы в ЧС мирного и военного времени. Техническое расследование причин аварий. Экспертиза и декларация безопасности объектов энергетики. Безопасность транспорта. Понятие «транспортная безопасность». Классификация угроз транспортным инфраструктурам. Мониторинг транспортных средств. Анализ риска аварий и катастроф. Управление рисками. Использование концепции комплексной безопасности на транспорте. Безопасность сельскохозяйственного производства. Безопасность продуктов питания. Генная инженерия, пестициды, удобрения и безопасность. Болезнеустойчивость скота, сельскохозяйственных растений – гарантия стабильного и безопасного развития. Проблемы производства, переработки и использования сельскохозяйственной продукции. Экологическая безопасность населения, территорий и объектов. Сущность понятия «экологическая безопасность». Критерии экологической безопасности. Экологическая безопасность человека. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека. Мероприятия по обеспечению экологической безопасности. Экологический мониторинг, аудит и экологическая экспертиза. Особенности обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства. Менеджмент в эколого-производственной системе.*

Устойчивое развитие, гармоничное развитие – это процесс изменений, в котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремле-

ний. Под *устойчивостью функционирования объектов* понимают их способность работать в нештатных условиях, т.е. ЧС мирного и военного времени, а при нарушениях их работы – способность восстанавливать работоспособность в кратчайшие сроки. Понятие *устойчивость функционирования объектов* включает два понятия: 1) физическую (статическую) и 2) оперативную устойчивости. Под *физической устойчивостью* объектов или их элементов понимают физическую прочность его зданий, сооружений, оборудования, различных устройств к воздействию поражающих факторов, которые могут возникнуть в случаях ЧС. Под *оперативной устойчивостью функционирования объектов* понимают обеспечение устойчивого управления хозяйственной и иной деятельностью в случаях ЧС, а в случаях нарушения их работы – способность восстанавливать работу объекта в кратчайшие сроки.

*Стратегия устойчивого развития экономики* обеспечивается такими документами, как «Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2020 г.» (одобрена Национальной комиссией по устойчивому развитию Республики Беларусь (протокол № 11/15 ПР от 6 мая 2004 г.) и Президиумом Совета Министров Республики Беларусь (протокол № 25 от 22 июня 2004 г.) и «Стратегией экономического развития Содружества Независимых Государств на период до 2020 г.» (2008 г.). Целью их является обеспечение устойчивого развития, экономической безопасности, повышение благосостояния и качества жизни населения на основе синергетического эффекта и эффекта масштаба, конкурентоспособности национальной экономики государств – участников СНГ и укрепления их позиций в мировой хозяйственной системе.

ЧС *влияют на экономику*, как в масштабе страны, так и на уровне регионов и отдельных субъектов хозяйствования. Воздействие ЧС на экономику проявляется в изменениях основных показателей экономических категорий. Целесообразно рассматривать воздействие типовых ЧС на экономические категории на макро- и микроуровне.

На *макроуровне экономики влияют ЧС* природного, биолого-социального, социального и экологического характера, если их масштабы региональные или глобальные. Они изменяют величину валового национального продукта, равновесие совокупного спроса и предложения на рынке, доходы населения, величину экспорта и импорта, финансовую систему страны, совокупное потребление, активность предпринимательской деятельности, фискальную политику государства, сбережения и инвестиции, рынок труда, на цикличность экономического роста и др.

На *микроуровне влияют все ЧС*, в том числе местного, объектового, частного, регионального и глобального масштабов: влияют на работу производственных объектов, на количество и качество выпускаемой продукции, спрос и предложение на рынке, рентабельность работы предприятия, товарооборот, замещение потребностей, издержки производства, прибыль от выпускаемой продукции, заработная плата, конкурентоспособность выпускаемой продукции и др.

*Промышленную безопасность обеспечивают* 1) профилактика аварий и несчастных случаев на опасных производственных объектах (ОПО); 2) контроль качества проведения работ по техническому диагностированию устройств, применяемых на ОПО; 3) совершенствование действующих нормативных правовых актов по вопросам промышленной безопасности; 4) повышение квалификации и переподготовке работников Госпромнадзора. Особо опасны аварии и катастрофы для устойчивой работы предприятий тяжелой, легкой, химической, топливной промышленности, промышленности строительных материалов, транспортных предприятий. Они могут быть и причиной человеческих жертв, экологических бедствий, вызывать разрушения и остановку производства на длительное время. Решая задачи предотвращения аварий и катастроф на этапах реконструкции и перепрофилирования объекта, обращают внимание на наличие опасных источников, правила обращения с опасными веществами, на опасные процессы в ходе испытаний оборудования.

На этапе производства продукции внимание уделяется мерам безопасности при работе обслуживающего персонала с технологическим оборудованием, обучению рабочих и служащих действиям в экстремальных ситуациях во время производства продукции, эргономическим требованиям. Необходимо соблюдать повышенные требования безопасности при эксплуатации сосудов и баллонов со сжатыми (сжиженными) газами, компрессоров, трубопроводов для транспортировки химически токсичных, пожароопасных и взрывоопасных газов, паров и жидкостей. Должны соблюдаться меры безопасности при хранении, транспортировке легковоспламеняющихся и химически токсичных веществ и материалов, обращении с ними. Все вышеперечисленные мероприятия позволяют снизить вероятность возникновения аварий и катастроф, масштабы их последствий.

*Терминология в области промышленной безопасности:* Инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений Закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и иных актов законодательства РБ, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте. Промышленная авария – авария на промышленном объекте, в технической системе или на промышленной установке. Проектная промышленная авария – промышленная авария, для которой проектом определены исходные и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие ограничение последствий аварии установленными пределами. Запроектная промышленная авария – промышленная авария, вызываемая неучитываемыми для проектных аварий исходными состояниями и сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности и реализациями ошибочных решений персонала, приведшим к тяжелым последствиям. Промышленная катастрофа – крупная промышленная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушения и уничтоже-

ние объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде.

Промышленная безопасность в ЧС – состояние защищенности населения, производственного персонала, объектов экономики и окружающей природной среды от опасностей, возникающих при промышленных авариях и катастрофах в зонах ЧС. Обеспечение промышленной безопасности в ЧС – принятие и соблюдение правовых норм, выполнение экологозащитных, отраслевых или ведомственных требований и правил, а также проведение комплекса организационных, технологических и инженерно-технических мероприятий, направленных на предотвращение промышленных аварий и катастроф в зонах чрезвычайной ситуации.

*Государственное управление промышленной безопасностью* осуществляет республиканский орган государственного управления в области промышленной безопасности в порядке, определяемом органом, уполномоченным Президентом РБ. Республиканские органы государственного управления организуют работу в области промышленной безопасности в сфере своей деятельности и порученных им отраслях экономики в соответствии с законодательством РБ. Руководители республиканских органов государственного управления несут предусмотренную законодательством ответственность за ненадлежащее выполнение указанными органами возложенных на них задач и осуществление своих функций в области промышленной безопасности.

*Классификация опасных производственных объектов.* К категории опасных производственных объектов относят объекты, на которых: 1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества: а) воспламеняющиеся вещества – газы и легковоспламеняющиеся жидкости, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 °С или ниже; б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции; в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления; г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов; д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 мг/кг до 200 мг/кг включительно; средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 мг/кг до 400 мг/кг включительно; средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 мг/л до 2 мг/л включительно; е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг/кг; средняя смертельная доза при нанесе-

нии на кожу не более 50 мг/кг; средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг/л; ж) вещества, представляющие опасность для окружающей среды, – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности: средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 мг/л; средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 мг/л; средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 мг/л; 2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °С; 3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры; 4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы из этих расплавов; 5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

*Классификация опасных производственных объектов* учитывает риск возникновения аварии и масштабы возможных последствий. Она гармонизирована с законодательством Европейского союза и включает: I класс – объекты чрезвычайно высокой опасности; II класс – объекты высокой опасности; III класс – объекты средней опасности; IV класс – объекты низкой опасности. В зависимости от класса к опасным производственным объектам будут применимы различные требования промышленной безопасности.

*Анализ риска опасных производственных объектов* состоит из нескольких этапов. Этап эксплуатации или реконструкции опасного производственного объекта включает: 1) проверку соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности; 2) уточняют информацию об основных опасностях и риска (в том числе при декларировании промышленной безопасности); 3) совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте; 4) оценку эффекта изменения в организационных структурах, приемах практической работы и технического обслуживания в отношении совершенствования системы управления промышленной безопасностью. Оценка риска аварии – процесс, используемый для определения вероятности (или частоты) и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий для здоровья человека, имущества и (или) окружающей природной среды.

*Технологический процесс производства химической и нефтехимической продукции* связан с химическими и физическими реакциями, которые могут оказаться опасными для жизни и здоровья человека при несоблюдении установленных правил эксплуатации оборудования. Поэтому особое внимание в химической и нефтехимической промышленности уделяют *обеспечению безопасности производства продукции*. *Безопасность обеспечивается*: 1) безопасным ведением работ, предупреждением аварийных ситуаций и ликвидацией их последствий; 2) безопасным использованием взрывопожароопасных и токсичных веществ, полупродуктов, товарного продукта и отходов; 3) оперативным и безопасным отключением отдельных элементов или участков



объекта для производства ремонтных и аварийных работ; 4) оптимальностью компоновки технологического оборудования; 5) безопасным и рациональным размещением зданий и сооружений; 6) применением новых технологий и материалов на объектах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности; 7) автоматизированием систем управления технологическими процессами и систем оперативного управления, прогнозирования, обнаружения, предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций; 8) обеспечением взрывобезопасности зданий и их вентиляции, возможности автоматического поддержания заданных параметров эксплуатации, управления, эффективности систем противоаварийной защиты и сигнализации и др.

*Техническое расследование причин аварий* направлено на установление обстоятельств и причин аварии, размера причиненного вреда, разработку мер по устранению ее последствий и мероприятий для предупреждения аналогичных аварий на данном и других опасных производственных объектах. Расследование производит специальная комиссия, возглавляемая представителем Госпромнадзора. В ходе расследования комиссия: 1) производит осмотр, фотографирование, в необходимых случаях видеосъемки, составляет схемы и эскизы места аварии и протокол осмотра места аварии; 2) взаимодействует со спасательными подразделениями; 3) опрашивает очевидцев аварии, получает письменные объяснения от должностных лиц; 4) выясняет обстоятельства, предшествовавшие аварии, устанавливает причины их возникновения; 5) выясняет характер нарушения технологических процессов, условий эксплуатации оборудования; 6) выявляет нарушения требований норм и правил промышленной безопасности; 7) проверяет соответствие объекта или технологического процесса проектным решениям; 8) определяет допущенные нарушения требований промышленной безопасности и лиц, допустивших эти нарушения; 9) предлагает меры по устранению причин аварии, предупреждению возникновения подобных аварий; 10) определяет размер причиненного вреда, включающего прямые потери, социально-экономические потери, потери из-за неиспользованных возможностей, а также вред, причиненный окружающей природной среде. Акт расследования подписывают все члены комиссии.

*Экспертиза и декларация промышленной безопасности на стадии проектирования*: 1) перед принятием решения о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации опасного производственного объекта; 2) после внесения изменений и дополнений в проектную документацию на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта. На стадии эксплуатации проводят экспертизу: соответствия технологического оборудования, агрегатов и механизмов, технических систем и комплексов, приборов и аппаратуры требованиям нормативных технических документов в области промышленной безопасности, а также оценку технического состояния технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах. Выполняют также натурное обследование объекта. Экспертизу зданий и сооружений проводят в случаях: 1)

выработки зданий и сооружений установленных проектом или другими документами сроков службы; 2) воздействия на здание (сооружение) внешних воздействий (землетрясение, пожар, взрыв); 3) периодически в процессе эксплуатации; 4) по требованию Госпромнадзора. Проводят экспертизу документации, связанной с эксплуатацией опасных производственных объектов

*Устойчивость работы объекта экономики в условиях рыночной экономики* – способность выполнять заданные функции не только в нормальных, но и в ЧС, предупреждать возникновение аварий и катастроф на объекте. Объекты производственной сферы должны выпускать продукцию в необходимом объеме, номенклатуре, заданного качества и стоимости, обеспечивающей конкурентоспособность на рынке. Устойчивая работа объекта обеспечивает устойчивость самого объекта. Под *устойчивостью объекта* понимают способность его инженерно-технического комплекса (зданий, сооружений, оборудования, инженерных, энергетических, транспортных и других коммуникаций) противостоять разрушительному действию источников ЧС. Устойчивость объекта в ЧС обеспечивается<sup>69</sup> как за счет проведения комплекса мероприятий на этапе проектирования объекта, строительства, установки и отладки технологического и вспомогательного оборудования, так и в процессе производства продукции.

Основными из них являются: 1) проектирование объекта в соответствии со Строительными нормами и правилами (СНиП); 2) прогнозирование возникновения и оценка возможных последствий ЧС для работы объекта; 3) разработка режимов работы рабочих и служащих на случай ЧС; 4) поддержание в готовности системы оповещения о ЧС; 5) организация обучения рабочих и служащих правилам поведения и действиям в ЧС при работе на объекте; 6) принятие мер по повышению устойчивости инженерно-технического комплекса к разрушительному действию источников ЧС; 7) проведение мероприятий по предупреждению аварий, катастроф на объекте и обеспечению экологической безопасности производства; 8) исключение или ограничение поражения от вторичных факторов от источников ЧС; 9) организация устойчивого управления производством и в ЧС; 10) поддержание трудовой и технологической дисциплины; 11) обеспечение устойчивости материально-технического снабжения и в ЧС (на государственных предприятиях); 12) внедрение новейших достижений науки и техники в безопасное производство, повышение надежности технологического оборудования.

*Устойчивость функционирования объектов в ЧС* определяется: 1) защищенностью персонала и оборудования от воздействия поражающих факторов, возникающих в результате ЧС; 2) плотностью размещения промышленных объектов и их элементов на территории населенных пунктов; 3) устойчивостью управления объектами; 4) надежностью энерго- и водоснабжения; 5) наличием условий для восстановления работоспособности объекта; 6) го-

---

<sup>69</sup> В условиях рыночной экономики проблемы решаются в системе менеджмента, а средства производства часто страхуются на случай ЧС.

товностью объекта к работе в условиях ЧС. ЧС влияют как на внутренние, так и внешние факторы работы объекта.

*Внутренние факторы* зависят от деятельности самого предприятия, т.е. их порождает само предприятие Их делят на объективные и субъективные. *Объективные* – это те факторы, возникновение которых не зависит от субъекта управления, например, ухудшение горно-геологических условий на горном предприятии или стихийные бедствия. *Субъективные* факторы составляют абсолютное большинство, они зависят от субъекта управления, и они должны быть всегда в поле зрения и анализа. Ими являются: 1) защищенность производственного персонала от поражения при воздействии источников ЧС; 2) устойчивость инженерно-технического комплекса к поражающим факторам источников ЧС; 3) планировка и застройка территории объекта; 4) надежность и производительность технологического оборудования, степень его изношенности; 5) размеры территории и характер объекта; 6) наличие своих источников энергоснабжения; 7) виды выпускаемой продукции; 8) система безопасности производства; 9) уровень применяемой научно-технической технологии; 10) численность и профессиональная квалификация рабочих и служащих; 11) заработная плата, текучесть кадров; 12) система производственного менеджмента, маркетинга и их надежность; 13) трудовая и производственная дисциплина; 14) обученность производственного персонала действиям в ЧС; 15) возможность работы объекта в аварийных режимах; 16) готовность объекта к восстановлению производства в случае его нарушения поражающими факторами источника ЧС.

*Эффективность работы предприятия в условиях рынка* в значительной степени зависит и от внешних факторов: 1) связанных с изменением конъюнктуры внутреннего и мирового рынка, изменением спроса и 2) связанных с изменением конъюнктуры внутреннего и мирового рынка, изменением спроса и предложения, а также в колебанием цен; 3) связанных с изменением политической обстановки как внутри страны, так и в глобальном масштабе; 4) связанных с инфляционным процессом; 5) связанных с деятельностью государства.

*Повышение устойчивости функционирования объектов экономики* достигается путем снижения возможных потерь и разрушений от поражающих факторов источников ЧС, создания условий для ликвидации ЧС и осуществления в сжатые сроки работ по восстановлению объекта экономики. Такие мероприятия проводят заблаговременно в период повседневной деятельности, а также в условиях ЧС. Они включают в себя 1) повышение надежности инженерно-технического комплекса и подготовка объектов экономики к работе в условиях ЧС; 2) рациональное размещение объектов экономики; 3) обеспечение надежной защиты персонала; 4) повышение безопасности технологических процессов и эксплуатации технологического (технического) оборудования; 5) подготовка к восстановлению нарушенного производства.

*По степени опасности для жизнедеятельности человека объектов энергетики классифицируют на:* 1) объекты высокой категории опасности; 2)

объекты средней категории опасности; 3) объекты низкой категории опасности.

*Безопасность объектов энергетики* обеспечивается: 1) законностью; 2) соблюдением баланса интересов личности, общества и государства; 3) взаимной ответственностью личности, общества и государства в сфере обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса; 4) непрерывностью; 5) интеграцией в международные системы безопасности; 6) взаимодействием субъектов топливно-энергетического комплекса, республиканских и местных органов государственной власти; 7) обеспечением антитеррористической защищенности объектов топливно-энергетического комплекса. Субъекты топливно-энергетического комплекса составляют паспорта безопасности объектов топливно-энергетического комплекса.

Анализ риска возникновения аварий и катастроф, техническое расследование причин аварий, экспертиза и декларация безопасности объектов энергетики сходны с выше описанными.

*Автомобильный транспорт*, являясь составной частью экологических систем и влияет на показатели состояния природной среды и жизнедеятельности людей, а также на эффективность природопользования. Проблемы обеспечения его экологической безопасности являются одними из наиболее важных мероприятий. Непременным условием их решения является создание эффективного механизма природопользования, охраны окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности.

*Безопасность транспортных средств* представлена: активной безопасностью; пассивной безопасностью; послеаварийной безопасностью и экологической безопасностью. Активная безопасность автомобиля – свойство автомобиля предотвращать ДТП (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в начальную фазу ДТП, когда водитель в состоянии изменить характер движения автомобиля. Пассивная безопасность автомобиля – свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, соответствующий кульминационной фазе происшествия, когда водитель, несмотря на принятые меры, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП. Послеаварийная безопасность автомобиля – свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия после его остановки (конечная фаза ДТП). Характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций. Таким аварийными ситуациями, которые могут возникнуть в результате ДТП, являются пожар, заклинивание дверей, заполнение салона автомобиля водой, если он попал в водоем. Экологическая безопасность автомобиля – свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый человеку и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Основной вред, наносимый автомобилем, это загрязнение атмосферы вредными веществами, находящимися в отработавших газах, а также значительный уровень шума, возникающий при его работе.

*Под транспортной безопасностью* понимают состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства. Ее можно определить как: 1) систему предупреждения, противодействия и пресечения преступлений, включая терроризм, в транспортной сфере; 2) систему предупреждения на транспорте ЧС природного и техногенного характера; 3) систему недопущения либо минимизации материального и морального ущерба на транспорте от преступлений и ЧС; 4) систему, направленную на повышение экологической безопасности перевозок, экологической устойчивости транспортной системы; 5) систему реализации целей национальной безопасности в транспортном комплексе в целом. Транспортная безопасность обеспечивает устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защиту интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства. Основными принципами обеспечения транспортной безопасности являются: 1) законность; 2) соблюдение баланса интересов личности, общества и государства; 3) взаимная ответственность личности, общества и государства в области обеспечения транспортной безопасности; 4) непрерывность; 5) интеграция в международные системы безопасности; 6) взаимодействие субъектов транспортной инфраструктуры, органов государственной власти и органов местного самоуправления.

По характеру источников угрозы подразделяют на: 1) угрозы социогенного характера (неправомерное вмешательство в функционирование транспорта, терроризм, хищения, хулиганство, блокирование путей и транспортных средств, нарушение правил эксплуатации технических средств, несовершенство этих правил и законодательной базы, касающейся транспортного комплекса); 2) угрозы техногенного характера (порожденные некачественным состоянием материально-технической части транспортной сферы, недостаточным уровнем квалификации обслуживающего персонала); 3) угрозы природного характера (наводнения, оползни, землетрясения, снежные и песчаные заносы на дорогах, цунами, тайфуны и т.п.).

Мониторинг транспортных средств актуально не только для крупных компаний, но также и для большинства обычных рядовых граждан, которым необходимо следить за передвижением своего собственного автомобиля, спецтехники, перевозимого груза, водного транспорта или недвижимого небольшого завода, дома, дачи, офиса. Установка систем слежения на перечисленное, позволяет решить множество задач, среди которых одними из главных выступают следующие: 1) определяет нахождение автомобиля в заданном интервале пространства; 2) определяет скорость автомобиля в реальном режиме времени, его пробег и точный расход топлива за определенный период в виде наглядных графиков и отчетов за любой временной промежуток; 3) сохраняет полную историю передвижения и диагностики автотранспорта, его остановки, стоянки, маршрут, работу двигателя или различных агрегатов, даже при условии внештатного отключения питания или пропадания GSM сигнала на несколько недель или месяцев; 4) дает возможность проследить технические параметры автомобиля, такие как: состояние зажигания, счетчик

моточасов, обороты двигателя, скорость движения, температуру двигателя, температура перевозимого груза, объем, штатный уровень топлива в баке, работа гидравлики, и т.д.; 5) позволяет повысить качество управления транспортными потоками, предупредить «левые» рейсы или «накрутку» моточасов в нерабочее время; 6) позволяет контролировать объект или транспорт, перевозимый груз, рабочий персонал и т.д.

Проводят анализ социальных рисков от воздействия объектов автотранспортного комплекса: 1) рисков, угрожающих безопасности (рисков аварий на транспорте при перевозке ядовитых веществ, связанных с проникновением этих веществ в почву, воду, с выбросами вредных веществ в воздух); 2) рисков, угрожающих здоровью (рисков воздействия автомобильных газов на иммунитет человека, шумового воздействия и вибрации на возбудимость вестибулярного аппарата, учащение пульса, повышение артериального давления и др.). 3) рисков, угрожающих состоянию среды обитания (рисков влияния нарушений среды обитания на риски здоровью и жизни людей); 4) рисков, угрожающих состоянию общественного благосостояния. Характер действия транспортного комплекса как источника риска для людей и для среды обитания может быть непрерывным (отработавшие газы) или разовым (аварии на транспорте). Контингентом группы риска является население региона, по которой проходят транспортные коммуникации, и персонал, обслуживающий эти коммуникации. По продолжительности действия риск может быть кратковременным, средней длительности и длительным. По последствиям для людей по степени тяжести: фатальные (риск смерти) и не фатальные (риск травмы или болезни), а по времени проявления немедленные и отдаленные. Последствия для среды обитания подразделяются по распространению – на локальные, региональные и глобальные, а по продолжительности – на кратковременные, средней длительности и длительные.

*Управлять риском* означает иметь возможность снизить его до определенного, допустимого для данного транспортного предприятия уровня. Система управления рисками представляет собой упорядоченную совокупность таких мероприятий, как определение цели риска, выявление вероятности наступления рискованных событий, расчет степени и величины риска, анализ окружающей обстановки, выбор стратегии управления риском и определение приемов управления риском, необходимых для целенаправленного воздействия (нейтрализацию или минимизацию) на риск.

*Концепция комплексной безопасности на транспорте* обеспечивает безопасность объектов путем снижения вероятности реализации угроз природного, техногенного, криминального, террористического и иного характера за счет: 1) предотвращения кризисных ситуаций путем оснащения объектов защиты техническими средствами обеспечения безопасности и инструментальными средствами контроля функционирования средств (систем) жизнеобеспечения; 2) эффективного мониторинга текущей обстановки и представления информации для действий территориальных органов исполнительной власти и должностных лиц администраций объектов, обеспечивающей своевременность принятия управленческих решений.

*Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства* должно обеспечиваться не только организационно-экономическими мерами, но и уровнем научной обоснованности региональных систем земледелия. ЧС природного характера опасные процессы и явления воздействуют на *объекты сельскохозяйственного производства*, лесного, рыбного хозяйства, на устойчивость работы объектов пищевой, лесной, деревообрабатывающей промышленности. *Мероприятия по обеспечению безопасности в процессе сельскохозяйственного производства* направлены на формирование развитых агропродовольственных рынков, надежное продовольственное обеспечение страны, развитие эффективного устойчивого агропромышленного производства, повышение уровня доходов сельского населения и сохранения природных ресурсов для аграрного производства.

В Римской декларации по Всемирной продовольственной безопасности отмечается, что международная продовольственная безопасность обеспечивается с помощью национальных систем регулирования аграрного производства. В Беларуси функционирует *система обеспечения качества и безопасности продуктов питания*. Она позволяет создать эффективный механизм регулирования качества и безопасности сельскохозяйственной продукции и продукции перерабатывающих отраслей, что обеспечит необходимое высокое качество продуктов питания. Важной гарантией стабильного и безопасного развития сельского хозяйства является разведение болезнеустойчивого скота, сельскохозяйственных растений.

*Генная инженерия* является исключительно мощной и многообещающей технологией. Она позволяет преобразовать растения и сельскохозяйственных животных, вызывая их генетические изменения и получить новые сорта сельскохозяйственных растений. Первое генетически модифицированное растение получено 16 лет назад. Сейчас имеется около 60 видов таких растений. В 1998 г. под трансгенными культурами было занято более 30 млн. га, сейчас намного больше. Непопулярными становятся применение *пестицидов и удобрений в сельском хозяйстве* (поскольку они загрязняют окружающую среду) и предпочтение отдается технологии, потенциально исключающей применение указанных химикатов. В то же время использование в сельском хозяйстве минеральных удобрений, пестицидов и технологий генной инженерии повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, обеспечивает рост производства продуктов питания и их удешевление. В XXI в. сохранение и увеличение темпов и объемов применения удобрений и других средств химизации является основой существенного повышения урожайности сельскохозяйственных культур, увеличения валовых сборов зерна и другой продукции растениеводства, обеспечения потребностей населения в продуктах питания.

Производство сельскохозяйственной продукции является материальной основой для развития всех отраслей экономики, в то же время это первое условие жизни непосредственных производителей и всякого производства вообще. Доля сельскохозяйственной продукции в розничном товарообороте страны составляет 65–70%. Сейчас все острее становится проблема рацио-

нального использования ресурсов в перерабатывающих отраслях аграрного сектора. Процессы переработки сельскохозяйственного сырья переводятся на безотходный цикл производства, основанного на комплексном использовании природно-сырьевых ресурсов и технологических отходов.

*Экологическая безопасность (ЭБ)* – одна из составляющих национальной безопасности, совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающих качество жизни и безопасность жизни и деятельности проживающего (либо действующего) на данной территории населения и обеспечение устойчивого состояния биоценоза биотопа естественной экосистемы. ЭБ обеспечивает защищенность жизненно важных интересов личности, общества, природы, государства и всего человечества от реальных или потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду. Объектами ЭБ являются права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда или материальная основа государственного и общественного развития. При ЧС экологического характера нарушается устойчивость работы объектов за счет ущерба, который наносится природной среде и здоровью человека. При этом источниками экологических ЧС часто являются сами объекты хозяйствования.

*Сущность экологической безопасности* заключается в: 1) использовании системы конкретных мер, предпринимаемых властными структурами по защите окружающей среды; 2) наличии совокупности мер, используемых для обеспечения долгосрочной экологической безопасности с учетом экономических возможностей и социальных потребностей общества.

*Единым критерием оценки экологической безопасности естественной экосистемы и её устойчивости* является нерушимость естественного биоценоза и его способность к восстановлению при антропогенном воздействии. Для искусственной экосистемы это качество жизни и здоровья населения.

*Оценка рисков от воздействия факторов окружающей среды* на здоровье человека включает оценку индивидуального риска, умноженного на численность людей, подвергающих воздействию этому веществу. Оценка риска для здоровья человека определяют, как «оценку токсичности вещества и условий экспозиции для того чтобы установить степень и особенности его вредного воздействия на здоровье людей». Традиционно процесс оценки риска подразделяется на 4 этапа: 1) Определение (идентификация) опасности – оценка доступных доказательств присутствия и опасности загрязняющих веществ, способных вызвать вредное воздействие. 2) Оценка зависимости «доза – ответ», определяющая степень воздействия различных доз. 3) Оценка экспозиции – оценивается величина, длительность и частота экспозиции человека загрязнителем и число людей, подвергающихся воздействию химического вещества различными путями. 4) Характеристика риска – соединение информации, полученной от определения опасности, оценки «доза-ответ» и оценки экспозиции для оценки риска, связанного с каждым сценарием рассматриваемого воздействия, и представление информации о неопределенностях или



допущениях в проведении анализа лицам, принимающим решения в области охраны окружающей среды и здоровья населения.

*Мероприятия по обеспечению экологической безопасности* направлены на защиту природы и рациональное использование природных ресурсов с целью обеспечения нормальной жизнедеятельности человека. Существуют две основные концепции решения экологических проблем: 1) оценка загрязнения окружающей среды, разработка нормирования допустимого загрязнения различных сред, создание очистных систем и ресурсосберегающих технологий – создание системы локальных очисток среды от загрязнения и нормирование показателей качества окружающей среды по узкому (несколько десятков) набору показателей, внедрение ресурсосберегающих технологий; 2) установление области устойчивости любой экосистемы, что позволяет найти допустимую величину нагрузки на экосистему, определить пороги устойчивости конкретных экосистем.

*Экологический мониторинг* – система регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды, с целью оценки загрязнения и прогнозирования экологической ситуации. Санитарно-гигиенический мониторинг это составляющая экологического мониторинга- наблюдение за каким-либо факторами (шумовое загрязнение, электромагнитное, радиация) с точки зрения их влияния на здоровье человека. В крупных городах (таких как Минск) имеется сеть автоматизированных постов, ведущих сбор информации об окружающей среде. Регулярно с этих постов собираются данные об экологической обстановке в городе.

*Экологический аудит* – это предпринимательская деятельность экологических аудиторов или экологических аудиторских организаций по осуществлению независимых вневедомственных проверок хозяйственной деятельности, оказывающей влияние на окружающую среду, и выработке рекомендаций по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Иначе говоря, это проверка выполнения на предприятии определенной деятельности в экологическом аспекте.

*Экологическая экспертиза* – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы. Объектом экологической экспертизы является любая хозяйственная либо иная деятельность, которая может оказать воздействие на окружающую среду. Экологическая экспертиза по своей сути является независимой, проводится экспертной комиссией, включающей в свой состав экспертов, как штатных, так и сторонних (внештатных). Результатом работы экологической экспертизы является заключение, то есть документ, содержащий обоснованные выводы о допустимости воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности, которая подлежит государственной эко-

логической экспертизе, и о возможности реализации объекта государственной экологической экспертизы.

Обеспечение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве связано с постоянным развитием агропромышленного комплекса и, как следствие, усилением вредного воздействия его на окружающую среду. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование обусловлены высоким уровнем отрицательного воздействия сельского хозяйства на все природные ресурсы – земли, воды, недра, атмосферный воздух, природную среду в целом как основу ведения сельского хозяйства, а также возможными неблагоприятными последствиями для человека. В целях достижения устойчивого развития сельского хозяйства и последовательной реализации аграрной политики необходимы нормативные правовые акты, которые закрепляют основы экологической политики для аграрного сектора экономики.

Важное значение в предупреждении аварий и катастроф на объекте, соблюдении мер экологической безопасности *играют производственный и экологический менеджмент*. Менеджмент классифицируется по уровням (макро- и микроэкономика) и сферам его функционирования. Общий менеджмент характерен для макроэкономики. Он включает три вида: практический, инновационный и стратегический. Инновационный (управление разработками нововведений) и стратегический менеджмент (стратегическое планирование) представляют собой управленческую деятельность, направленную на совершенствование практического менеджмента.

Устойчивость производственного менеджмента в рыночной экономике предприятия достигается: 1) наличием автоматизированной системы управления производством; 2) высоким уровнем подготовки руководящего инженерно-технического и административно-хозяйственного персонала; 3) наличием надежных систем связи или их дублированием; 4) при отсутствии автоматизированной системы управления непрерывностью, твердостью и гибкостью управления руководящего состава; 5) обеспечением органов управления информацией по прогнозированию ЧС; 6) тренировками и учениями по предупреждению ЧС и по оперативному восстановлению производства в условиях ЧС.

Система *экологического менеджмента* в эколого-производственной системе – часть общей системы менеджмента, включающую организационную структуру, планирование деятельности, распределение ответственности, практическую работу, а также процедуры, процессы и ресурсы для разработки, внедрения, оценки достигнутых результатов и совершенствования экологической политики. Ключевым звеном в системе экологического менеджмента является экологическая служба предприятия, или отдельный квалифицированный специалист (менеджер), уполномоченный решать соответствующие задачи.

### 3.4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕХНОГЕННОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ<sup>70</sup> (2 часа)

**Цель работы:** научиться прогнозировать масштабы загрязнения АХОВ после аварии (разрушения) на химически опасном объекте и на транспорте (методика РД 52.04.253–90 с дополнениями и уточнениями, учитывающими особенности экономики РБ).

**3.4.1 Порядок выполнения работы.** 1) Выбрать исходные данные своего варианта в табл. 3.4.1 и 3.4.2. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 2) Приступить к выполнению работы согласно приведенной методике.

#### 3.4.2 Общие положения

Методика позволяет осуществлять прогнозирование масштабов зон загрязнения после аварий на технологических емкостях и хранилищах предприятий, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов. Расчеты распространяются на случай выброса АХОВ в атмосферу в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии.

Масштабы загрязнения АХОВ рассчитывают для первичного и вторичного облаков: 1) для сжиженных газов – отдельно для первичного и вторичного, 2) для сжатых газов – только для первичного, 3) для ядовитых жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, – только для вторичного облака.

Исходные данные для прогнозирования масштабов загрязнения АХОВ следующие: 1) общее количество АХОВ на объекте и данные о размещении их запасов в технологических емкостях и трубопроводах; 2) количество АХОВ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива на подстилающей поверхности («свободно», «в поддон» или «в обваловку»); 3) высота поддона или обваловки складских емкостей; 4) метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м (на высоте флюгера), степень вертикальной устойчивости воздуха (табл. 3.4.1–3.4.2); 5) выброс АХОВ ( $Q_0$ ) – количество АХОВ в максимальной по объему единичной емкости (технологической, складской, транспортной и др.);

---

<sup>70</sup>Методика, разработанная Пустовитом В.Т., Карабановым М.Ф., приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ, 2006– С. 5–22.

Таблица 3.4.1.

## Исходные данные для решения задач 1, 2, 3, 4, 5

Номер пп	Тип ХОВ	Количество ХОВ, $Q_0$ , т	Характер разлива	Высота поддона Н, м	Время разлива, ч., мин.
1	Хлор	50	поддон	1	19.00
2	Аммиак	30	обваловка	1	15.00
3	Фосген	45	поддон	1	7.30
4	Сероводород	9	свободный	—	8.00
5	Акролеин	50	свободный	—	12.30
6	Метил хлористый	70	поддон	1	22.20
7	Диметиламин	55	поддон	1,5	6.00
8	Хлор	47	обваловка	2	23.00
9	Аммиак	45	поддон	2	11.00
10	Фосген	30	поддон	2	12.20
11	Сероводород	25	свободный	—	3.30
12	Диметиламин	20	свободный	—	18.30
13	Метил хлористый	59	поддон	1,5	23.00
14	Окись этилена	55	поддон	2	9.00
15	Водород хлористый	40	обваловка	1,5	2.30
16	Хлор	57	обваловка	1	1.00
17	Аммиак	59	поддон	2	14.40
18	Фосген	25	поддон	1,5	15.30
19	Сероводород	18	фосген	1	19.00
20	Диметиламин	35	поддон	2	17.50
21	Окись этилена	120	свободный	—	22.00
22	Водород фтористый	120	поддон	2	5.00
23	Аммиак	7	свободный	—	16.00
24	Хлор	55	обваловка	1,5	3.50
25	Окись этилена	55	поддон	1	24.00
26	Сероуглерод	59	свободный	—	12.30
27	Формальдегид	47	поддон	1,5	4.30
28	Акролеин	47	свободный	—	15.50
29	Формальдегид	59	свободный	—	1.30
30	Сероуглерод	120	поддон	1	11.25

Таблица 3.4.2.

## Исходные данные для решения задач 1, 2, 3, 4, 5

Номер пп	Время прошедшее после аварии N, ч	Облачность	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Расстояние до объекта X, км	Характер местности и расположения объектов
1	1	переменная	2	20	10	открытая
2	2	сплошная, дождь	3	15	1,5	Открытая
3	3	ясно	1	10	3	поселок в 1 км от места аварии
4	4	ясно	4	-20	4	открытая
5	5	сплошная, дождь	7	10	5	лес в 2 км от места аварии
6	4	ясно	5	7	1	открытая
7	3	переменная	8	0	2	лес в 5 км от места аварии
8	2	переменная	2	20	5	открытая
9	1	сплошная	9	0	0,4	открытая
10	1	ясно	3	22	5	котловина
11	2	сплошная	2	-5	1	открытая
12	5	переменная	6	20	2	котловина
13	2	переменная	2	-20	4	открытая
14	3	сплошная	6	0	0,5	открытая
15	4	ясно	4	-20	5	поселок в 2 км от места аварии
16	0,5	сплошная	8	-10	7	лес в 5 км от места аварии
17	1	переменная	2	10	6	открытая
18	2	ясно	1	24	2	открытая
19	1,5	переменная	7	12	1,3	открытая
20	3	сплошная	5	30	5	лес в 2 км от места аварии
21	1,5	ясно	2	21	1,8	открытая
22	2	ясно	4	22	5	лес в 2 км от места аварии
23	3	сплошная	5	30	2	открытая
24	2,5	сплошная, дождь	4	1	5	населенный пункт в 3 км от места аварии
25	1	переменная	2	30	7	открытая
26	0,5	сплошная	2	10	5	населенный пункт в 5 км от места аварии
27	2	ясно	1	20	8	открытая
28	2	ясно	3	20	3	открытая
29	1	переменная	4	20	2	открытая
30	2	переменная	6	0	5	котловина

б) метеорологические условия – инверсия, скорость ветра 1 м/с. Для прогноза масштабов загрязнения непосредственно после аварии необходимо брать конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) АХОВ

и реальные метеоусловия. Внешние границы зоны загрязнения АХОВ рассчитывают по пороговой токсодозе при ингаляционном воздействии на организм человека.

Принимаем что: 1) Емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью. 2) Толщина  $h$  слоя жидкости для АХОВ, разлившихся свободно на подстилающей поверхности, равна 0,05 м по всей площади разлива. Для АХОВ, разлившихся в поддон или обваловку, толщину  $h$  определяют следующим образом: а) при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку):

$$h = H - 0,2, \quad (3.4.1)$$

где  $H$  - высота поддона (обваловки), м;

б) при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку):

$$h = \frac{Q_0}{F_d}, \quad (3.4.2)$$

где  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;  $F$  – реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м<sup>2</sup>.

Предельное время пребывания людей в зоне загрязнения и продолжительность сохранения неизменными метеорологических условий (степени вертикальной устойчивости атмосферы, направления и скорости ветра) составляет 4 ч. По истечении указанного времени прогноз обстановки уточняют.

При авариях на газо- и продуктопроводах выброс АХОВ принимается равным максимальному количеству АХОВ, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими, например, для аммиакопроводов – 275–500 т.

### 3.4.3 Решение задач

**Задача 1.** *Определение продолжительности поражающего действия АХОВ.* Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения с площади разлива. Время испарения  $T$ (ч) АХОВ с площади разлива определяется по формуле:

$$T = hd/K_2K_4K_7, \quad (3.4.3)$$

где  $h$  – толщина слоя АХОВ, м (формула 3.4.1). Если разлив свободный, то  $h$  принимают равным 0,05 м;  $d$  – плотность АХОВ в виде жидкости, т/м<sup>3</sup> (табл. 3.4.3);  $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 3.4.5); в этой же таблице представлены данные о  $K_2$  – коэффициенте, зависящем от физико-химических свойств АХОВ и  $K_7$  – коэффициенте, учитывающем влияние температуры воздуха, при которой произошла авария (для сжатых газов  $K_7 = 1$ ).

Если точное значение температуры воздуха в табл. 3.4.4 для  $K_7$  отсутствует, то его определяют путем линейной экстраполяции<sup>71</sup>.

Таблица 3.4.3.

### Основные характеристики АХОВ

№ пп	Наименование ХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг. мин/л
		Газ	Жидкость		
1	Аммиак	0,0008	0,681	-33,42	15
2	Хлор	0,0032	1,555	-34,1	0,6
3	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6
4	Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2
5	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2
6	Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,08
7	Акролеин	—	0,839	52,7	0,2
8	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1
9	Окись этилена	—	0,882	10,7	2,2
10	Водород фтористый	—	0,989	19,52	4
11	Формальдегид	—	0,815	-19	0,6
12	Сероуглерод	—	1,263	46,2	45
13	Этиленимин	-	0,838	55,0	4,8
14	Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*
15	Метилмеркаптан	-	0,867	5,95	1,7**
16	Нитрил акриловой кислоты	-	0,806	77,3	0,75
17	Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5
18	Окись этилена	-	0,882	10,7	2,2**
19	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8
20	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1
21	Сероуглерод	-	1,263	46,2	45
22	Соляная кислота (концентрированная)	-	1,198	-	2
23	Триметиламин	-	0,671	2,9	6*
24	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*
25	Фосген <sup>72</sup>	0,0035	1,432	8,2	0,6

<sup>71</sup> Интерполяция – разновидность аппроксимации, при которой кривая построенной функции проходит точно через имеющиеся точки данных.

<sup>72</sup> Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления; при давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности определяются путем умножения данных графы 3 на значение давления в атмосферах (1 атм. = 760 мм рт. ст.). В графе 5 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно по соотношению:  $D = 240 K ПДК_{p,z}$ , где  $D$  – токсодоза, мг·мин/л;  $ПДК_{p,z}$  – ПДК рабочей зоны (мг/л) по ГОСТ 12.1.005-88;  $K = 5$  для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой);  $K = 9$  для всех прочих ядов (помечены двумя звездочками).

Таблица 3.4.4.

**Вспомогательные коэффициенты для определения глубины  
загрязнения**

Наименование АХОВ	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub> для температуры воздуха, °С				
				– 40	– 20	0	20	40
Аммиак	0,18	0,022	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4
Хлор	0,18	0,052	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
Фосген	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
Сероводород	0,27	0,042	0,03	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
Диметиламин	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1
Акролеин	0	0,013	3,0	0,1	0,2	0,4	1	2,2
Водород хлористый	0,28	0,037	0,30	0,4/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
Метил хлористый	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
Окись этилена	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
Водород фтористый	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1
Формальдегид	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
Серовуглерод	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	0
Этиленмин	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Метилакрилат	0	0,005	0,1	0,1	0,2	0,4	1	3,1
Метилмеркаптан	0,06	0,043	0,353	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,4}{1}$
Нитрил акриловой кислоты	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Окислы азота	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
Окись этилена	0,05	0,041	0,27	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3,2}{1}$
Сернистый ангидрид	0,11	0,049	0,333	$\frac{0}{0,2}$	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,7}{1}$
Сероводород	0,27	0,042	0,036	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Серовуглерод	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
Соляная кислота (концентрирован.)	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
Триметиламин	0,07	0,047	0,1	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,2}{1}$
Фтор	0,95	0,038	3,0	$\frac{0,7}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{0,9}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,1}{1}$
Фосген <sup>73</sup>	0,05	0,061	1,0	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,7}{1}$

<sup>73</sup> Значения K<sub>7</sub> в числителе приведены для первичного, в знаменателе – для вторичного облака. Значения K<sub>1</sub> для изотермического хранения аммиака приведены для случая разлива (выброса) в поддон.



Таблица 3.4.5.

**Значение коэффициента  $K_4$  в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	6	8	10
$K_4$	1	1,33	1,67	2	2,67	3,34	4

**Задача 2** *Определение количественных характеристик выброса АХОВ.*

2.1 *Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы.* Проводится с учетом данных табл. 3.4.6, используя исходные данные табл. 3.4.1 и 3.4.2 (скорость ветра, облачность и время суток).

Таблица 3.4.6.

**Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы по прогнозу погоды**

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность
< 2	ин <sup>74</sup>	из	из(ин)	из	к(из)	из	ин	из
2–3,9	ин	из	из(ин)	из	из	из	из(ин)	из
> 4	из	из	из	из	из	из	из	из

2.2 *Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке.* Эквивалентное количество  $Q_{э1}$  вещества в первичном облаке определяют по формуле:

$$Q_{э1} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0, \quad (3.4.4)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (табл. 3.4.5, для сжатых газов  $K_1 = 1$ );  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ, принят для пороговой токсодозы взрослого человека, для детей токсодоза в 4–10 раз меньше и в данной методике не рассматривается, но при организации защиты ее необходимо учитывать (табл. 3.4.4);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы, для инверсии принимается равным 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08 и  $K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, при которой произошла авария, для сжиженных газов, представлен в табл. 3.4.4 (для сжатых газов  $K_7 = 1$ , для жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды  $K_7 = 0$ );  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии жидкого вещества, т (табл. 3.4.1).

При авариях на хранилищах сжатого газа  $Q_0$  рассчитывают по формуле:

<sup>74</sup> Обозначения: ин – инверсия; из – изотермия; к – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове. Под термином "утро" понимается период времени в течение 2 часов после восхода солнца; под термином "вечер" – в течение 2 часов после захода солнца. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчетах на момент аварии.

$$Q_0 = d V_x, \quad (3.4.5)$$

где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (табл. 3.4.3);  $V_x$  – объем хранилища, м<sup>3</sup>.

При авариях на газопроводе  $Q_0$  рассчитывают по формуле:

$$Q_0 = \frac{ndV_2}{100}, \quad (3.4.6)$$

где  $n$  – содержание АХОВ в природном газе, %;  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (табл. 1.3);  $V_2$  – объем секции газопровода между автоматическими отсекающими, м<sup>3</sup>.

При определении величины  $Q_{21}$  для сжиженных газов, не вошедших в табл. 1.3, значение коэффициента  $K_7$  принимают равным 1, а коэффициент  $K_1$  рассчитывают по соотношению

$$K_1 = \frac{c_p \Delta T}{\Delta H_{исп}}, \quad (3.4.7)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/(кг·°С);  $\Delta T$  – разность температур жидкого АХОВ до и после разрушения емкости, °С;  $\Delta H_{исп}$  – удельная теплота испарения жидкого АХОВ при температуре испарения, кДж/кг.

2.3 *Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке.* Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке рассчитывают по формуле:

$$Q_{22} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 \frac{Q_0}{hd}, \quad (3.4.8)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (табл. 3.4.5, для сжатых газов  $K_1 = 1$ );  $K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (табл. 3.4.5);  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ, принят для пороговой токсодозы взрослого человека (табл. 3.4.5);  $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 3.4.4);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы, для инверсии принимается равным 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08;  $K_6$  – коэффициент, зависящий от времени  $N$ , прошедшего после начала аварии, его значение определяют после расчета продолжительности  $T$  (ч) испарения вещества:

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T; \end{cases} \quad (3.4.9)$$

при  $T < 1$  ч  $K_6$  принимается для 1 ч;  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (табл. 3.4.3);  $h$  – толщина слоя АХОВ, м.  $K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, при которой произошла авария, для сжиженных газов, (табл. 3.4.5, для сжатых газов  $K_7 = 1$ , для жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды  $K_7 = 0$ ). При определении  $Q_{22}$  для веществ, не вошедших в табл. 3.4.3, значение коэффициента  $K_7 = 1$ , а коэффициент  $K_2$  определяют по формуле:

$$K_2 = 8,10 \cdot 10^{-6} P \sqrt{m}, \quad (3.4.10)$$

где  $P$  – давление насыщенного пара вещества при заданной температуре воздуха, мм рт. ст.;  $M$  – молекулярная масса вещества.

Таблица 3.4.7.

**Глубина (км) зоны загрязнения**

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,2	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,8	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34
Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1	38,1	52,7	65,2	81,9	166	231	288	363	572
2	21,0	28,7	35,4	44,1	87,8	121	150	189	295
3	15,2	20,6	25,2	31,3	61,5	84,5	104	130	202
4	10,3	16,4	20,1	24,8	48,2	65,92	81,17	101	157
5	9,06	13,9	16,9	20,8	40,1	54,67	67,15	83,6	129
6	8,14	12,1	14,8	18,1	34,7	47,09	56,72	71,7	110
7	7,42	10,9	13,2	16,2	30,7	41,63	50,93	63,2	96,30
8	6,86	9,90	12,0	14,7	27,8	37,49	45,79	56,7	86,20
9	6,50	9,12	11,0	13,5	25,4	34,24	41,76	51,6	78,30
10	6,20	8,50	10,2	12,5	23,5	31,61	38,50	47,5	71,90
11	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,2	66,62
12	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,3	62,20
13	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,9	58,44
14	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	29,95	36,8	55,20
15 и более	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	28,48	35	52,37

**Задача 3** Расчет глубины зоны загрязнения при аварии на химически опасном объекте. Глубину зоны загрязнения  $\Gamma_1$  для первичного облака находят в табл. 3.4.7 по вычисленной величине  $Q_{01}$  с учетом скорости ветра из условия задачи своего варианта. Глубину зоны загрязнения  $\Gamma_2$  вторичного облака также находят в табл. 3.4.7 по вычисленной величине  $Q_{02}$  и скорости ветра из условия задачи своего варианта.

Полную глубину зоны загрязнения  $\Gamma$  определяют по формуле:

$$\Gamma = \Gamma^1 + 0,5\Gamma^{11}, \quad (3.4.11)$$

где  $\Gamma^1$  – наибольший,  $\Gamma^{11}$  – наименьший из размеров глубины  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Полученное значение  $\Gamma$  сравнивают с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $\Gamma_n$ , определяемым по формуле:

$$\Gamma_n = Nv, \quad (3.4.12)$$

где  $N$  – время от начала аварии, в часах (табл. 3.4.1);  $v$  – скорость переноса переднего фронта загрязненного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч (табл. 3.4.8).

Таблица 3.4.8

**Скорость переноса переднего фронта облака, км/ч**

Степень вертикальной устойчивости воздуха	Скорость ветра, м/с					
	1	2	3	4	6	8
Инверсия	1	10	16	21	—	—
Изотермия	6	12	18	24	35	47
Конвекция	7	14	2	28	—	—

За окончательную расчетную глубину зоны загрязнения принимают меньшее из двух сравниваемых между собой значений  $\Gamma_n$  и  $\Gamma$ . Эту глубину используют при расчете площадей зон возможного и фактического загрязнения.

**Задача 4. Определение площади зоны загрязнения АХОВ.** Площадь зоны загрязнения АХОВ для первичного (вторичного) облака определяют по формуле:

$$S_v = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (3.4.13)$$

где  $S_v$  – площадь зоны загрязнения АХОВ, км<sup>2</sup>;  $\Gamma$  – глубина зоны загрязнения, км;  $\varphi$  – угловые размеры зоны возможного загрязнения, в градусах. Они определяются исходя из скорости ветра.

Площадь зоны фактического загрязнения  $S_\phi$ , км<sup>2</sup> рассчитывают по формуле:

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (3.4.14)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 – при инверсии; 0,133 – при изотермии; 0,235 – при конвекции;  $N$  – время, прошедшее после начала аварии, час (табл. 3.4.2).

**Задача 5. Определение времени подхода загрязненного воздуха к объекту** Время подхода облака АХОВ к заданному объекту (населенному пункту) определяют по формуле:

$$t = X/v, \quad (3.4.15)$$

где  $X$  – расстояние от источника загрязнения до заданного объекта, км (из табл. 3.4.7);  $v$  – скорость переноса переднего фронта облака загрязненного воздуха, км/ч (табл. 3.4.8).

Таблица 3.4.9.

**Угловые размеры зоны возможного загрязнения АХОВ в зависимости от скорости ветра:**

U, м/с	< 0,5	0,6–1	1,1–2	2,1–4	4,1–8	8,1–10	> 10
$\varphi^{\circ}$	360	180	90	45	18	15	10

Проверьте, достигает ли загрязненное облако объекта, сравнив глубину загрязнения с учетом поправок  $\Gamma$  с расстоянием  $X$  от объекта до источника аварии! Время подхода загрязненного воздуха к объекту записать не в десятичной системе, а в часах и минутах.

Если время подхода загрязненного воздуха к объекту не превышает 30 минут, то население должно оставаться в помещениях, проведя их герметизацию. Если время подхода загрязненного воздуха превышает 30 минут, то с учетом других факторов может быть проведена эвакуация в безопасные районы.

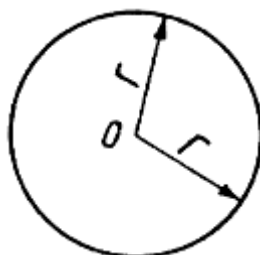
**Нанесение зон загрязнения на топографические карты и схемы**

Зона возможного загрязнения облаком АХОВ на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры  $\varphi$  и радиус, равный глубине зоны загрязнения  $\Gamma$ . Угловые размеры в зависимости от скорости ветра по прогнозу приведены в таблице 3.4.9. Центр окружности, полуокружности или сектора совпадает с источником загрязнения.

Зона фактического загрязнения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного загрязнения. Ввиду возможных перемещений облака АХОВ под воздействием ветра фиксированное изображение зоны фактического загрязнения на карты (схемы) не наносится.

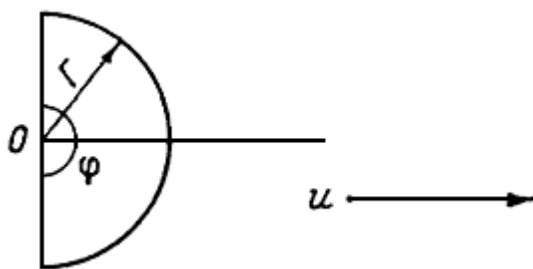
На топографических картах и схемах зона возможного загрязнения имеет вид окружности, полуокружности или сектора.

1. При скорости ветра по прогнозу меньше 0,5 м/с, зона загрязнения имеет вид окружности:



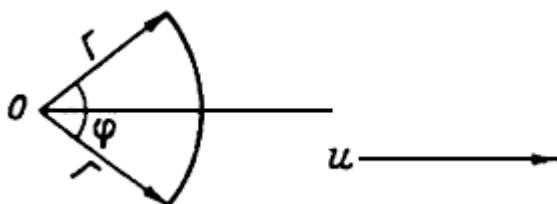
Точка "0" соответствует источнику загрязнения; угол  $\varphi = 360^{\circ}$ ; радиус окружности равен  $\Gamma$ .

2. При скорости ветра по прогнозу 0,6–1 м/с, зона загрязнения имеет вид полуокружности:



Точка "0" соответствует источнику загрязнения; угол  $\varphi = 180^\circ$ ; радиус полуокружности равен  $\Gamma$ ; биссектриса угла совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

3. При скорости ветра по прогнозу больше 1 м/с, зона загрязнения имеет вид сектора:



Точка "0" соответствует источнику загрязнения;

$$\varphi = \begin{cases} 90^\circ & \text{при } u = 1,1 \dots 2 \text{ м/с,} \\ 45^\circ & \text{при } u > 2 \text{ м/с;} \end{cases} \quad (3.4.16)$$

радиус сектора равен  $\Gamma$ ; биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

### Выводы

по выполненной работе «Прогнозирование и оценка химической обстановки техногенной ЧС» студента ФИО \_\_\_\_\_ Вариант № \_\_\_\_  
Учебная группа \_\_\_\_\_

Таблица 3.4.10.

Номер задачи	Определялись при решении задач	Результат	Примечание
1	Продолжительность поражающего действия АХОВ		
2	Степень вертикальной устойчивости воздуха		
	Эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке		
	Эквивалентное количество АХОВ во вторичном облаке		
3	Глубина загрязнения АХОВ первичным облаком		
	Глубина загрязнения АХОВ вторичным облаком		
	Полная глубина загрязнения, обусловленная воздействием первичного и вторичного облака		
	Предельно возможная глубина переноса воздушных масс		
	Окончательная расчетная глубина		
	Глубина с учетом поправок		
4	Площадь зоны возможного загрязнения		
	Площадь зоны фактического загрязнения		

5	Время подхода загрязненного воздуха к объекту		
	Предложения по защите в случае подхода загрязненного воздуха к объекту (населенному пункту) Если эвакуация не проводится, то укажите, какие меры защиты надо предпринять		

### 3.5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

#### ОЦЕНКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ГИДРОСФЕРЫ НИТРАТАМИ<sup>75</sup> (2 часа)

Сельское хозяйство является главным источником загрязнения гидросферы нитратами. Загрязнение возрастает с увеличением процента распаханности полей, мелиоративного их освоения, применения минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений, функционирования ферм и крупных животноводческих комплексов, складов для хранения удобрений. Нитраты проникают в грунтовые воды и загрязняют их. Предельная допустимая концентрация нитратов в питьевой воде Беларуси не должно превышать 45 мг/л, нитритов – 3 мг/л. Нитраты в концентрации более 20 мг/л оказывают токсическое действие на организм человека, накапливаются в организме, вызывая хроническую интоксикацию, заболевания крови, сердечно-сосудистой системы и др. Одним из быстрых и эффективных методов контроля загрязнения нитратами питьевой воды является фотометрический метод их анализа.

**Цель работы:** освоить количественное определение содержания нитратов в почве, загрязненной азотными удобрениями; научиться оценивать степень загрязнения грунтовых вод нитратами; определить необходимые меры по снижению содержания нитратов до предельной допустимой концентрации их в питьевой воде.

**3.5.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить материалы, изложенные в разделах «Общие положения» и лекции. 2) Выбрать в табл. 3.5.1 свои данные для выполнения работы. 3) Выполнить расчеты, оформить работу и сделать выводы. 4) Быть готовым к ответам на вопросы, изложенные в конце методических материалов по настоящему занятию.

#### 3.5.2 Общие положения

Фотометрия является оптическим методом анализа. Основана на измерении оптических свойств анализируемого раствора после введения в него реактива. Реактив реагирует с определяемым компонентом в растворе и образует соединение, интенсивно поглощающее свет в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

<sup>75</sup> Методика, разработанная С.В. Дорожко, Г.И. Морзак, Т.А. Реут, Н.Ф. Макаревич, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение экологических чрезвычайных ситуаций». / ч 2. Минск: Изд-во БНТУ, 2006– С. 26–39.

Проходя через исследуемый раствор светового потока с интенсивностью  $I_0$ , вследствие поглощения в слое, отражения и рассеяния, уменьшается до значения  $I$ . Для характеристики поглощения излучения используют величину, называемую оптической плотностью, или экстинкцией ( $A$ ):

$$A = \lg(I_0/I) = -\lg T. \quad (3.5.1)$$

Связь между концентрацией поглощающего раствора и его оптической плотностью выражает закон Бера, согласно которому *оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества при постоянной толщине слоя*:

$$A = \lg(I_0/I) = kc, \quad (3.5.2)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $c$  – концентрация растворенного вещества, моль/л.

Зависимость интенсивности светового потока, прошедшего через слой окрашенного раствора, от интенсивности падающего потока света, концентрации окрашенного вещества и толщины слоя раствора определяет закон Бугера-Ламберта-Бера. Согласно этому закону *однородные слои одного и того же вещества одинаковой толщины поглощают одну и ту же долю падающей на них световой энергии (при постоянной концентрации растворенного вещества)*. Является основным законом светопоглощения и лежит в основе большинства фотометрических методов анализа:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon_{\lambda} c l}, \quad (3.5.3)$$

где  $\epsilon_{\lambda}$  – молярный коэффициент светопоглощения, зависящий от природы растворенного вещества, температуры, растворителя и длины волны света;  $c$  – концентрация окрашенного раствора, моль/л;  $l$  – толщина слоя раствора, см.

При соблюдении основного закона светопоглощения *оптическая плотность раствора ( $A$ ) прямо пропорциональна молярному коэффициенту светопоглощения, концентрации поглощающего вещества и толщине слоя раствора*:

$$A = \lg(I_0/I) = \epsilon_{\lambda} c l. \quad (3.5.4)$$

Измерение экстинкции проб производят на фотометре. В фотометре свет стабилизированной вольфрамовой галогенной лампы проходит через диафрагмы, линзу, фокусирующую световой пучок, и кювету с анализируемым раствором (рис. 3.5.1). Часть светового излучения избирательно поглощается веществом в растворе. Прошедший поток света попадает на интерференционный фильтр, который пропускает лишь часть света для фотометрического измерения определяемой примеси, содержащейся в воде. Кремниевый фотодиод превращает свет в электрический ток, который затем усиливается и с помощью микропроцессора преобразуется в данные измерения, выводимые на индикацию.



### 3.5.3 Порядок выполнения работы

Выбрать в табл. 3.5.1 данные для выполнения своей практической работы. Вариант соответствует номеру фамилии студента в журнале учета посещений занятий.

Рассчитать уровень загрязнения почвы нитратами на месте хранения нитратных удобрений и прилегающей к нему территории в радиусе до 1,5 км в направлении стока поверхностных вод.

Для этого пересчитать концентрацию нитратов в водной вытяжке (фильтрате) исследованной пробы на концентрацию нитратов в пробе почвы по формуле:

$$C_{\text{почв}} = C_x \cdot 40/5, \quad (3.5.1)$$

где  $C_{\text{почв}}$  – концентрация нитратов в почве, мг/кг;  $C_x$  – концентрация нитратов в фильтрате, мг/л; 40 – объем водной вытяжки, мл; 5 – масса пробы почвы, г.

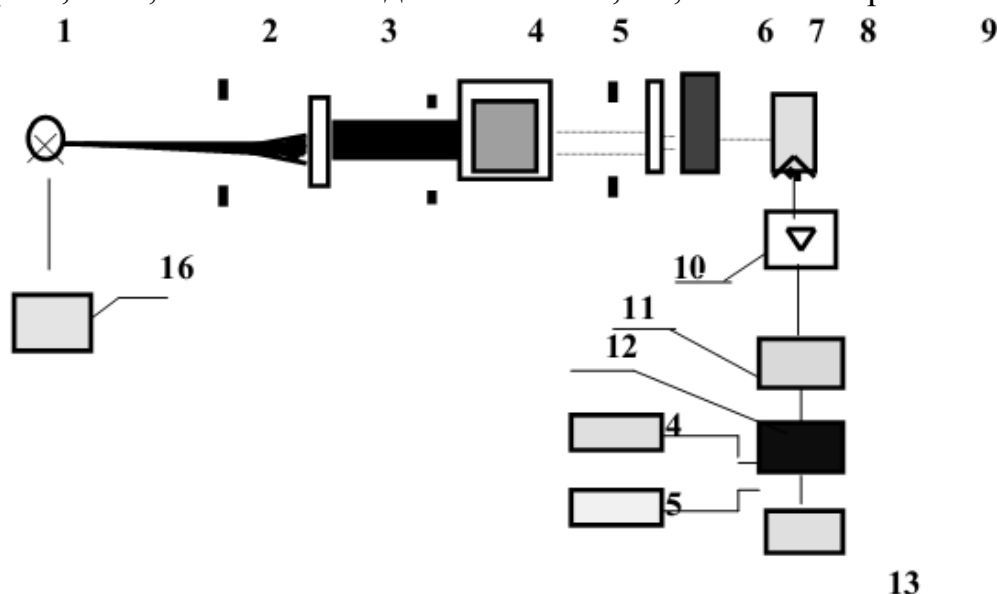


Рис. 3.5.1. Блок-схема фотометра

1 – вольфрамовая галогенная лампа; 2 – диафрагма 1; 3 – линза 1; 4 – диафрагма 2; 5 – кювета; 6 – диафрагма 3; 7 – линза 2; 8 – интерференционный фильтр; 9 – кремниевый фотодиод; 10 – усилитель; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – микропроцессор; 13 – блок памяти; 14 – клавиатура; 15 – блок индикации; 16 – блок стабилизации.

Оценить экологическое состояние почвы, загрязненной нитратами в результате нарушения норм хранения и использования удобрений. Для этого сравнить полученную концентрацию  $C_{\text{почв}}$  с ПДК нитратов в почве (130 мг/кг). Указать во сколько раз полученная концентрация нитратов в почве превышает ПДК.

Произвести расчет возможной концентрации нитратов в грунтовых водах в местах отбора проб почвы при условии 40% их просачивания по формуле

$$C_{\text{гр.вод.}} = C_{\text{почв}} \cdot 0,4 \cdot k, \quad (3.5.2)$$

где  $C_{\text{гр.вод.}}$  – концентрация нитратов в грунтовых водах, мг/л;  $k \approx 1$  – коэффициент преобразования массы в объем. Результат записать в табл. 3.5.2.

Таблица 3.5.1.

**Задание для выполнения практической работы**

Проба почвы (номер пробы соответствует номеру варианта)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, $C_x$	Проба почвы (номер пробы соответствует номеру варианта)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, $C_x$
1	12	16	32
2	15	17	27
3	22	18	29
4	25	19	34
5	23	20	35
6	17	21	13
7	21	22	28
8	20	23	33
9	19	24	26
10	24	25	15
11	26	26	37
12	14	27	18
13	30	28	10
14	11	29	16
15	31	30	21

Таблица 3.5.2.

**Результаты определения концентрации нитратов**

Проба почвы (указать номер пробы)	Концентрация нитратов в водной вытяжке, мг/л, $C_x$	Концентрация нитратов в пробе почвы, мг/кг, $C_{почв}$	Концентрация нитратов в грунтовых водах, мг/л, $C_{гр.вод.}$

Таблица 3.5.3

**Методы очистки грунтовых вод**

Содержание нитратов в грунтовой воде, мг/л	Класс загрязнения	Методы очистки
45–60	A1	Простая физическая очистка и дезинфекция (т.е. быстрая фильтрация и дезинфекция).
60–85	A2	Нормальная физическая очистка, химическая очистка и, например, предварительное хлорирование, коагуляция, флокуляционная очистка, декантация, фильтрация, дезинфекция (завершающее хлорирование)
> 85	A3	Интенсивная физическая и химическая очистка, расширенная очистка и дезинфекция, например, хлорирование до точки перелома, коагуляция, флокуляционная очистка, декантация, фильтрация, адсорбция (активированным углем), дезинфекция (озонирование, завершающее хлорирование)

По таблице 3.5.3 определить к какому классу загрязнения относятся грунтовые воды и выбрать необходимые методы очистки, чтобы они удовлетворяли нормам, предъявляемым к питьевой воде.

Обобщить полученные данные. Сделать выводы по результатам, дать оценку состояния грунтовых вод в зависимости от возможного загрязнения нитратами, предложить методы очистки. Результат записать в табл. 3.5.4.

## ВЫВОДЫ

о выполнении практической работы по теме «Оценка и предупреждение чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением гидросферы нитратами» студента ФИО \_\_\_\_\_ учебной группы. Вариант № \_\_\_\_\_

Таблица 3.5.4.

Номер задачи	Определялись при решении задач	Единицы измерения	Результат
1	Концентрация нитратов в водной вытяжке (филтрате) Сх (проба почвы №)		
2	Концентрация нитратов в пробе почвы (Сп)		
3	Экологическая оценка состояния почвы, загрязненной нитратами		
4	Концентрация нитратов в грунтовых водах в местах отбора проб почвы (С гр)		
5	Класс загрязнения грунтовых вод		
6	Методы очистки грунтовых вод		

### 3.6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВЗРЫВОВ И ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ<sup>76</sup> (2 часа)

**Цель работы:** научиться прогнозировать и оценивать устойчивость зданий, транспортных и других средств в зонах разрушения и пожаров, вызванных возможными взрывами емкостей с газо-воздушными смесями. Оценить возможные поражения людей, оказавшихся на открытой местности, предложить основные мероприятия по повышению устойчивости рассматриваемых объектов и мероприятия по обеспечению безопасности людей.

**3.6.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить методические указания. 2) Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 3.6.1. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 3) Приступить к выполнению работы согласно ниже приведенной методики. Рассчитать результаты и записать их в рабочую тетрадь, сделать выводы.

#### 3.6.2 Общие положения

Источник взрыва – емкость с газозоудушной смесью (ГВС). Объекты поражения: производственное здание (объект № 1); транспортное средство, средства связи или элемент коммунально-энергетических сетей (объект № 2); группа работающих людей на открытой местности (объект № 3) (рис. 3.6.1).

<sup>76</sup> Методика, разработанная С.В. Дорожко, В.Т. Пустовит, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 22–40.

Для решения задач используют ниже приведенные методики и исходные данные, представленные в табл. 3.6.1 и 3.6.2. Отчет о выполненной работе оформляют в соответствии со СТП 10-02.01-87 (см. стр. 30).

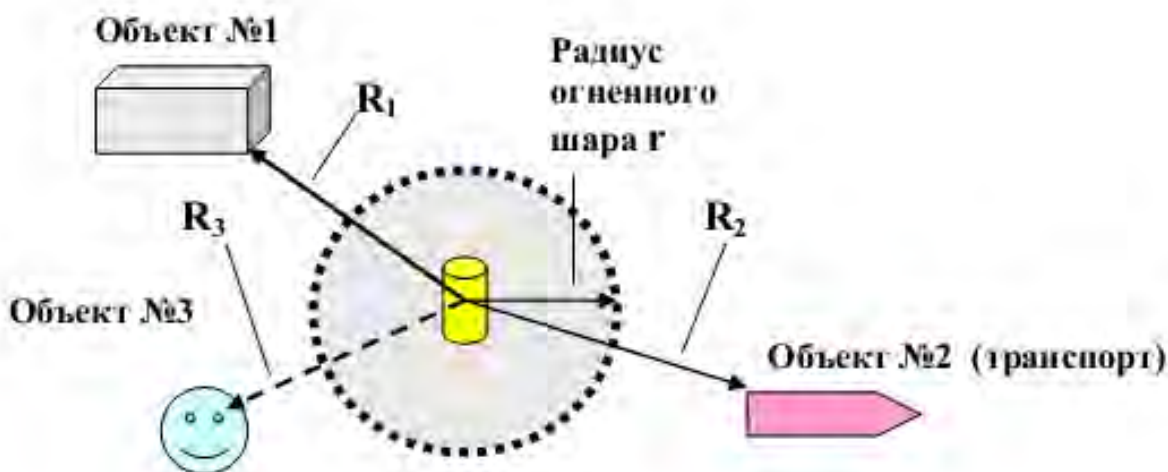


Рис. 3.6.1. Оценка факторов взрыва емкости с газоздушной смесью

### 3.6.3 Решение задач

**Задача 1** Оценка устойчивости объекта и опасности для человека от ударной волны при взрыве емкости с ГВС. По исходным данным табл. 3.6.1 определяют эквивалентную массу органического вещества (по пропану) до взрыва (аварии) по формуле:

$$Q_3 = 640K_{зв}Q, [кг] \quad (3.6.1)$$

где  $Q$  – масса органического вещества до аварии, в тоннах;  $K_{зв}$  – коэффициент взрывоопасности, учитывающий эквивалентность органического вещества по пропану.

Учитывая исходные данные табл. 3.6.2 и результатам вычислений  $Q_3$ , определяют давление во фронте ударной волны от взрыва емкости с ГВС на расстоянии  $R_i$  (в метрах) для каждого объекта по формуле:

$$\Delta P_{ГВС} = \frac{848Q_3^{1/3}}{R_i} + \frac{3440Q_3^{2/3}}{R_i^2} + \frac{11200Q_3}{R_i^3} \quad (3.6.2)$$

Используя данные табл. 3.6.3 и результаты расчетов избыточного давления, определяют степень разрушений для объектов № 1 и № 2.

В качестве критерия устойчивости элемента объекта принимают верхнее значение слабых разрушений  $P_{JKP}$ , полагая, что во время аварии гарантировать полное сохранение объекта нельзя.

Степень поражения человека, расположенного на открытой местности на расстоянии  $R_j$ , оценивают путем сравнения  $\Delta P_{ГВС}$  объекта № 3 с данными табл. 3.6.4. Результаты записывают в тетрадь.

Таблица 3.6.1.

## Исходные данные для задач 1 и 2

Номера вариантов	Наименование органического вещества	Коэффициент взрывоопасности, КЭВ	Масса органического вещества Q, т	Тип емкости
1	Ацетон	1,0	40	Шарообразная
2	Ацетилен	1,2	35	Сигарообразная
3	Бензол	1,0	46	Шарообразная
4	Бутан	1,0	55	Сигарообразная
5	Бутилен	1,0	60	Сигарообразная
6	Водород	0,85	50	Шарообразная
7	Водород цианистый	0,85	60	Сигарообразная
8	Гептан	1,0	50	Сигарообразная
9	Дихлорпропан	1,15	45	Сигарообразная
10	Дихлорэтан	1,15	60	Шарообразная
11	Диметилпропан	1,0	70	Шарообразная
12	Дихлорэтилен	1,05	75	Сигарообразная
13	Изобутиловый спирт	1,0	78	Шарообразная
14	Кокосовый газ	0,9	85	Сигарообразная
15	Метан	1,0	40	Сигарообразная
16	Метиламин	1,1	42	Сигарообразная
17	Нитро-растворитель	0,5	80	Сигарообразная
18	Пропан	1,0	50	Сигарообразная
19	Природный газ	1,0	80	Шарообразная
20	Сероуглерод	0,4	50	Шарообразная
21	Сероводород	0,8	30	Сигарообразная
22	Этилен	1,0	95	Сигарообразная
23	Сернистый ангидрид	1,0	95	Сигарообразная
24	Этан	1,0	75	Сигарообразная
25	Бутан	1,0	85	Сигарообразная
26	Бутилен	1,0	80	Сигарообразная
27	Водород	0,85	80	Шарообразная
28	Водород цианистый	0,85	80	Сигарообразная
29	Гептан	1,0	50	Сигарообразная
30	Дихлорпропан	1,15	45	Сигарообразная

Таблица 3.6.2.

## Исходные данные для задач 1 и 2

Номер варианта	Тип объекта	Возгораемые и другие элементы объекта	Расстояние R, м
1	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна окрашены в белый цвет	600
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	600
	Объект №3. Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	800
2	Объект №1. Промышленное здание с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления 30%	Кровля из рубероида, деревянные окна и двери окрашены в белый цвет, остекление обычное	500
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	750
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Белая хлопчатобумажная одежда	500
3	Объект №1. Котельная в кирпичном здании	Кровля из толи, двери и окна деревянные, окрашенные в темный цвет	500
	Объект №2. Воздушная телефонная линия связи	Столбы из неокрашенного дерева	1000
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	500
4	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином, окна деревянные неокрашенные	400
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	500
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
5	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, неокрашенные деревянные окна и двери	800
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент палаточный	600
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
6	Объект №1. Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашенные в белый цвет	350
	Объект №2. Автобус	Резина автомобильная, шторы светлые	700
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	300
7	Объект №1. Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашенные в темный цвет	800
	Объект №2. Подвижной железнодорожный состав	Вагоны из дерева, покрашенные в коричневый цвет	800
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1000
8	Объект №1. Здания из сборного железобетона	Кровля из красной черепицы	400
	Объект №2. Цистерна на грузовом автомобиле	Покрашена в белый цвет	1000
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
9	Объект №1. Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери и окна деревянные, неокрашенные	900
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	500
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
10	Объект №1. Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	800
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	500
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
11	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из рубероида, окна и двери металлические	500
	Объект №2. Антенное устройство		900
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1000

Продолжение таблицы 3.6.2.

Номер варианта	Тип объекта	Возгораемые и другие элементы объекта	Расстояние R, м
12	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из черепицы, окна и двери металлические	300
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, кузов деревянный	300
	Объект №3. Люди, проходящие по территории	Хлопчатобумажная одежда	450
13	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна окрашены в белый цвет	500
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1000
	Объект №3. Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
14	Объект №1. Промышленное здание с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления 30%	Кровля из рубероида, деревянные окна и двери окрашены в белый цвет, остекление обычное	600
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	1000
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Белая хлопчатобумажная одежда	1000
15	Объект №1. Котельная в кирпичном здании	Кровля из толи, двери и окна деревянные, окрашенные в темный цвет	400
	Объект №2. Воздушная телефонная линия связи	Столбы из неокрашенного дерева	800
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
16	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином, окна деревянные неокрашенные	400
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	800
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
17	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, неокрашенные деревянные окна и двери	300
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент палаточный	600
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
18	Объект №1. Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашенные в белый цвет	550
	Объект №2. Автобус	Резина автомобильная, шторы светлые	700
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1000
19	Объект №1. Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашенные в темный цвет	330
	Объект №2. Подвижной железнодорожный состав	Вагоны из дерева, покрашенные в коричневый цвет	1000
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	400
20	Объект №1. Здания из сборного железобетона	Кровля из красной черепицы	500
	Объект №2. Цистерна на грузовом автомобиле	Покрашена в белый цвет	700
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	700
21	Объект №1. Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери и окна деревянные, неокрашенные	300
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	700
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	700
22	Объект №1. Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	900
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1000
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
23	Объект №1. Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	1000
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1000
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	500
24	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из черепицы, окна и двери металлические	300
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, кузов деревянный	300
	Объект №3. Люди, проходящие по территории	Хлопчатобумажная одежда	450

## Окончание таблицы 3.6.2.

Номер варианта	Тип объекта	Возгораемые и другие элементы объекта	Расстояние R, м
25	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из рубероида, окна и двери металлические	500
	Объект №2. Автобус	Синего цвета	900
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	900
26	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, двери металлические	500
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1000
	Объект №3. Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
27	Объект №1. Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна окрашены в белый цвет	500
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1000
	Объект №3. Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	500
28	Объект №1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином	400
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1000
	Объект №3. Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1000
29	Объект №1. Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином, окна деревянные неокрашенные	500
	Объект №2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	800
	Объект №3. Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	500
30	Объект №1. Кирпичные многоэтажные здания (в три и более этажа)	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна окрашены в белый цвет	500
	Объект №2. Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	700
	Объект №3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800

Сделайте выводы по устойчивости объектов № 1 и № 2 и предложения по повышению их устойчивости также заносятся в тетрадь. Некоторые предложения по повышению устойчивости изложены ниже и в лекции. Сделайте выводы по оценке степени поражения людей на объекте № 3 и предложения по оказанию первой медицинской помощи записывают в тетрадь.

Оценка устойчивости объекта и предложения по повышению его устойчивости от воздействия ударной волны

А. Сравнения избыточного давления, рассчитанного по формуле 3.6.2, с данными в табл. 3.6.3 могут иметь три варианта: а) объект не разрушается или получает слабые повреждения. В этом случае рекомендуется текущий ремонт; б) объект получает средние разрушения. В этом случае рекомендуется капитальный ремонт и мероприятия по повышению устойчивости объекта, изложенные ниже; в) объект получает сильные или полные разрушения. В этом случае рекомендуется вынести емкость с ГВС на безопасное расстояние. Восстановление объекта не планируется.

Б. В результате сравнения избыточного давления, рассчитанного для объекта 3 с данными табл. 3.6.4, делают вывод о получении людьми различных травм, ранений и летальных исходов.

В этом случае или вводят запрет на работу людей на опасных расстояниях или емкость с ГВС выносится на безопасное расстояние.

В. Расстояние, на которое необходимо вынести емкость с ГВС можно рассчитать по формуле (3.6.2), если учесть избыточное давление, при котором не происходит разрушений.



Таблица 3.6.3.

**Степени разрушения объектов и их элементов при избыточных  
давлениях ударной волны, кПа**

№ п/п	Объект, элемент объекта	Разрушение			
		Слабое	Среднее	Сильное	Полное
<b>1. Производственные, административные здания и сооружения</b>					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	20–30	30–40	40–50	50–70
2	То же, с крановым оборудованием 60–100 т	20–40	40–50	50–60	60–80
3	Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	10–20	20–30	30–50	50–70
4	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30%	10–20	20–30	30–40	40–50
5	Здания из сборного железобетона	10–20	20–30	–	30–60
6	Кирпичные многоэтажные здания (в три и более этажа)	8–12	12–20	20–30	30–40
7	Деревянные дома	6–8	8–12	12–20	20–30
8	Остекление зданий обычное	0,5–1	1–1,5	1,5–3	–
<b>2. Коммунально-энергетические сети</b>					
1	Наземные металлические резервуары и емкости	30–40	40–70	70–90	90
2	Водонапорные башни	10–20	20–40	40–60	60
3	Котельные в кирпичных зданиях	7–13	13–25	25–35	35–45
4	Трансформаторные подстанции	30–40	40–60	60–70	70–80
5	Воздушные линии высокого напряжения	25–30	30–50	50–70	70
6	Воздушные линии низкого напряжения	20–60	60–100	100–160	160
<b>3. Средства связи</b>					
1	Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	20–40	40–60	60–100	100
2	Антенные устройства	10–20	20–30	30–40	40
<b>4. Транспортные средства</b>					
1	Грузовые автомобили и цистерны	20–30	30–55	55–65	90–130
2	Легковые автомобили	10–20	20–30	30–50	50
3	Автобусы	15–20	20–45	45–55	60–80
4	Подвижной ж. д. состав	30–40	40–80	80–100	100–200

Предложения по повышению устойчивости при слабых и средних разрушениях: 1) устройство металлических и железобетонных поясов; 2) усиление прочности зданий и сооружений за счет введения дополнительных колонн; 3) увеличение площади световых проемов и остекления их ар-

мированным стеклом; 4) реконструкция сооружений с применением сейсмостойких конструкций и др.

Таблица 3.6.4.

**Степень поражения незащищенных людей в зависимости от значения избыточного давления  $\Delta P_{\phi}$**

$\Delta P_{\phi}$ , кПа	Поражения	Характер поражения
20–40	Легкие	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей, возможен обморок
40–60	Средние	Повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи и переломы конечностей, возможны кома или шок
60–100	Тяжелые	Сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, переломы конечностей. Возможна кома или шок или клиническая смерть. Могут быть смертельные исходы
Более 100	Крайне тяжелые	Травмы приводят к смерти

**Задача 2** Оценка устойчивости объекта и опасности поражения человека от воздействия теплового излучения при взрыве емкости с ГВС.

Определяют радиус огненного шара взрыва

$$r = 2,9Q_{\text{Э}}^{1/3}, \text{ м} \quad (3.6.3)$$

где  $Q_{\text{Э}}$  – эквивалентное количество вещества в кг, из задачи 1.

Определяют время свечения огненного шара  $t$  по формуле:

$$t = 4,5Q_{\text{Э}}^{1/3}, \text{ с} \quad (3.6.4)$$

Определяют плотность потока излучения:

$$q_{\text{т.и.}} = P_{\text{т.и.}} K_{\text{упj}} K_{\text{прj}} \quad (3.6.5)$$

где  $P_{\text{т.и.}} = 200$  кДж/с. м<sup>2</sup> – удельная плотность потока излучения для резервуаров шарообразной формы;  $P_{\text{т.и.}} = 270$  кДж/с.м<sup>2</sup> – удельная плотность потока излучения для резервуаров сигарообразной формы;  $K_{\text{уп}}$  – коэффициент, учитывающий фактор угла падения теплового излучения:

$$K_{\text{уп}} = r^2 R_j / (r^2 + R_j^2)^{4/3} \quad (3.6.6)$$

где  $R$  – расстояние от резервуара с ГВС до объекта;  $K_{\text{прj}}$  – коэффициент, учитывающий проводимость воздуха на расстоянии  $R$  до  $j$ -го объекта

$$K_{\text{прj}} = [1 - 0,058 \text{Ln}R_j] \quad (3.6.7)$$

2.4 Определяем значение теплового импульса  $V_j$   $j$ -го объекта

$$V_j = q_{\text{т.и.j}} t, \text{ кДж/м}^2, \text{ кДж/с} \quad (3.6.8)$$

Сравниваем значение полученного теплового импульса  $V_j$  со значениями тепловых импульсов для заданных материалов (табл. 3.6.2), при которых происходит воспламенение и устойчивое горение, с данными табл. 3.6.5. На основании этого сравнения делают вывод об устойчивости элемента объекта к воздействию теплового излучения.

Оцениваем воздействие теплового импульса на тело человека на расстоянии  $R$  от источника излучения для чего сравниваем  $Q_{ТИ}$  с величинами в табл. 3.6.6.

Основные способы повышения устойчивости работы производственного объекта (зданий и сооружений): 1) Повышение их устойчивости достигается за счет устройства дополнительных каркасов, рам, подкосов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций. 2) Невысокие сооружения для повышения их прочности частично обсыпаются грунтом.

Таблица 3.6.5.

**Максимальные значения теплового импульса, не вызывающие воспламенения и устойчивого горения различных материалов**

Наименование материалов	Воспламенение (обугливание), тепловой импульс кДж/м <sup>2</sup>	Устойчивое горение, тепловой импульс кДж/м <sup>2</sup>
Бумага газетная	40–80	130–170
Стружка (ДСП), солома	340–500	710–840
Хлопчатобумажная ткань темная	250–420	590–670
Хлопчатобумажная ткань светлая	500–750	840–1500
Резина автомобильная	250–420	630–840
Брезент палаточный	420–500	630–800
Дерматин	200–340	420–690
Доски сухие неокрашенные	500–670	1700–2500
Доски, окрашенные в белый цвет	1700–1900	4200–6300
Доски темного цвета	250–420	540–1200
Кровля (толь, рубероид)	590–840	1000–1700
Черепица красная (оплавление)	840–1500	–

Таблица 3.6.6.

**Характеристика ожогов открытых участков тела человека в зависимости от теплового импульса**

Степень ожога	Тепловой импульс, кДж/м <sup>2</sup>	Характер поражения
Первая	100–200	Покраснение и припухлость кожи
Вторая	200–400	Образование на коже пузырей, наполненных жидкостью
Третья	400–600	Полное разрушение кожного покрова по всей толщине, образование язв
Четвертая	Более 600	Омертвление и подкожных тканей, обугливание

3) Высокие сооружения для повышения их прочности (трубы, вышки, башни, колонны) закрепляются оттяжками, рассчитанными на воздействие скоростного напора ударной волны. 4) Защиту емкостей с АХОВ и легковоспламеняющимися жидкостями осуществляют за счет устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости.

Повышение устойчивости технологического оборудования: 1) Основные мероприятия заключаются в сооружении над оборудованием специальных покрытий в виде кожухов, шатров, зонтов и т. п., защищающих его от повре-

ждения обломками разрушающихся зданий. 2) При недостаточной устойчивости самого оборудования от действия скоростного напора ударной волны оно должно быть прочно закреплено на фундаментах анкерными болтами.

Дополнительно проводят следующие мероприятия: максимально сокращают запасы взрывоопасных, горючих и сильнодействующих веществ непосредственно на территории объекта, сверхнормативные запасы вывозятся на безопасное расстояние и т.д.

*Противопожарные мероприятия.* Используют технические способы защиты – окраску сгораемых элементов огнезащитной краской серебристого цвета (марки ХЗМ), перхлорвиниловыми (типа ПХВО), силикатными и др.; покрытие известковой смесью (62% гашеной извести, 32% воды и 6% поваренной соли), суперфосфатной смесью (35% воды и 65% суперфосфата) или обмазка глиной в 1–2,5 мм. 1) Защита от проникновения светового излучения внутрь помещений: окраска стекол известковой или меловой побелкой ( $350-500 \text{ г/м}^2$ ), закрашенное одинарное стекло может отразить до 80% падающих на него световых лучей; закрытие окон ставнями, щитами или наружными козырьками под углом  $45^\circ$ ; применение жалюзи, теплоотражающих штор, шерстяных занавесей, пропитанных огнезащитными составами и т.п. 2) Пиломатериалы на территории предприятия необходимо размещать под навесами, другие горючие изделия накрывают огнестойкими и окрашенными в светлые тона материалами. 3) При строительстве производственных зданий необходимо предусмотреть противопожарные разрывы и наличие специальных резервуаров с водой и искусственных водоемов. 4) Для предотвращения пожаров в зданиях и сооружениях применяют огнестойкие конструкции, огнезащитную обработку сгораемых элементов, а также специальные противопожарные преграды. Например, крупные здания делят на секции с несгораемыми стенами – брандмауэрами. 5) В хранилищах взрывоопасных веществ устанавливают устройства, локализирующие разрушительный эффект взрыва, а именно: вышибные панели, самооткрывающиеся окна и фрамуги, различного рода клапаны-отсекатели.

## ВЫВОДЫ

по работе «Прогнозирование и оценка опасности взрывов и пожаров на объектах» студента \_\_\_\_\_ учебной группы. \_\_\_\_\_ Вариант № \_\_

Таблица 3.6.7.

Номер задачи	№ п/п	Расчетная операция	Результат	Оценка
1	1	Определение эквивалентной массы $Q_0$ органического вещества до аварии		
	2	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта № 1		
	3	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта № 2		
	4	Определение избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$ во фронте ударной волны для объекта № 3		
	5	Степень разрушения объекта № 1		
	6	Степень разрушения объекта № 2		

	7	Вывод по устойчивости объекта № 1. Предложения по повышению устойчивости		
	8	Вывод по устойчивости объекта № 2. Предложения по повышению устойчивости		
	9	Степень поражения людей (объект № 3)		
	10	Предложения по обеспечению безопасности людей		
2	11	Определение радиуса огненного шара $r$		
	12	Определение времени свечения огненного шара $t$		
	13	Определение плотности потока излучения для объекта № 1		
	14	Определение плотности потока излучения для объекта № 2		
	15	Определение плотности потока излучения для объекта № 3		
	16	Значение теплового импульса для объекта № 1		
	17	Вывод и предложения по повышению устойчивости объекта № 1		
	18	Значение теплового импульса для объекта № 2		
	19	Вывод и предложения по повышению устойчивости объекта № 2		
	20	Значение теплового импульса для объекта № 3		
	21	Предложить вариант оказания первой медицинской помощи		

### **3.7 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

#### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ОБЪЕКТЕ С ВЫБРОСОМ АММИАКА<sup>77</sup>**

(2 часа)

В РБ количество постоянно находящегося на объектах химически опасного аммиака превышает 40 тыс. т. При аварии на объекте с выбросом аммиака происходит загрязнение окружающей среды.

**Цель работы** – научиться прогнозировать масштабы и последствия химического заражения территории при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах с выбросом аммиака для принятия оперативных решений.

**3.7.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить материалы, изложенные в методичке. 2) Выбрать исходные данные своего варианта в табл. 3.7.1 Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 3) Приступить к выполнению работы.

<sup>77</sup> Методика, разработанная В.Т. Пустовитом, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 64–83.

### 3.7.2 Общие положения

Оценить создавшуюся химическую обстановку позволяет приводимая методика: 1) рассчитать глубину и площадь зоны возможного загрязнения; 2) рассчитать время подхода облака загрязненного воздуха к производственным участкам, жилым кварталам и населенным пунктам; 3) определять продолжительность действия источника загрязнения; 4) производить ориентировочную оценку количества пораженных и их структуру среди производственного персонала объекта, на котором произошла авария, и населения, оказавшегося в очаге поражения.

При прогнозировании масштабов загрязнения на случай производственных аварий в качестве исходных данных принимают: 1) величину выброса аммиака равную его количеству в одной максимальной емкости (технологической, складской, транспортной и т.п.); 2) метеоусловия – инверсию, скорость приземного ветра – 1–2 м/с, температуру воздуха – +20 °С.

### 3.7.3 Методика выполнения работы

Исходные данные представлены в табл. 3.7.1. Задачи решают с использованием, как табличных данных, так и аналитических расчетов. Результаты решения предыдущих задач используют для решения последующих. Все результаты отражают в выводах.

### 3.7.4 Решение задач

**Задача 1.** *Определение глубины зоны загрязнения первичным и вторичным облаком.* С учетом исходных данных табл. 3.7.1 о состоянии погоды находят в табл. 3.7.3 степень вертикальной устойчивости воздуха. Затем по табл. 3.7.4 или 3.7.5, в зависимости от характера разлива, находят глубину загрязнения первичным и вторичным облаками.

**Задача 2.** *Расчет общей площади зоны загрязнения.* Определение общей площади зоны загрязнения первичным и вторичным производят аналогично глубине зоны заражения – с помощью табл. 3.7.4 или 3.7.5.

**Задача 3.** *Расчет части площади зоны загрязнения, приходящейся на территорию предприятия (города).* Для определения площади загрязнения, приходящейся на территорию предприятия ( $S_{\text{пр}}$ ), рекомендуется пользоваться следующей формулой:

$$S_{\text{пр}} = \alpha S \quad (3.7.1)$$

где  $S$  – общая (максимальная) площадь загрязнения, км<sup>2</sup>;  $\alpha$  – расчетный коэффициент (определяется по таблице 3.7.6);  $S_{\text{пр}}$  определяется как по первичному так и по вторичному облакам.

**Задача 4.** *Определение продолжительности поражающего действия аммиака.* Продолжительность действия аммиака, находящегося в первичном облаке, определяется временем прохождения облака через поражаемый объект. На небольших удалениях от места аварии оно составляет от нескольких

десятков секунд до нескольких минут. На практике его принимают = 15 минут.

Таблица 3.7.1.

**Исходные данные для решения задач**

Номер варианта	Кол-во аммиака, Q <sub>0</sub> , т	Характер разлива	Высота поддона Н, м	Время разлива, ч, мин	Облачность	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
1	20	свободный	–	22.00	переменная	2	15
2	0,5	свободный	–	24.00	ясно	2	15
3	50	в поддон	0,8	4.00	сплошная	3	10
4	5	свободный	–	12.00	ясно	1	30
5	10	в поддон	0,8	13.00	сплошная	7	20
6	0,5	в поддон	0,8	24.00	ясно	2	14
7	100	свободный	–	2.00	переменная	4	12
8	10	свободный	–	14.00	ясно	3	27
9	30	в поддон	0,8	13.00	ясно	5	32
10	10	в поддон	0,8	9.00	переменная	3	18
11	1	свободный	–	1.00	переменная	1	5
12	50	в поддон	0,8	14.00	ясно	2	12
13	30	свободный	–	15.00	переменная	4	33
14	5	в поддон	0,8	13.00	сплошная	3	0
15	50	свободный	–	4.00	переменная	1	–5
16	20	в поддон	0,8	16.00	ясно	2	–8
17	30	в поддон	0,8	14.30	сплошная	7	–12
18	10	свободный	–	16.00	ясно	5	20
19	40	свободный	–	10.00	сплошная	4	13
20	5	в поддон	0,8	2.00	переменная	1	14
21	7,5	в поддон	0,8	3.00	ясно	2	5
22	20	свободный	–	11.00	сплошная	3	22
23	10	свободный	–	14.20	ясно	5	9
24	40	в поддон	0,8	8.00	переменная	5	11
25	7,5	свободный	–	7.00	сплошная	1	–7
26	20	свободный	–	13.00	сплошная	1	–2
27	50	в поддон	0,8	15.00	переменная	5	–4
28	100	свободный	–	3.00	сплошная	3	7
29	7,5	в поддон	0,8	8.30	ясно	3	17
30	40	свободный	–	8.30	ясно	5	0

Таблица 3.7.2.

## Исходные данные для решения задач

№ п/п	Расстояние X до объекта, км	Поражаемый объект					Город	К-во населения в сельской местности, чел
		Кол-во персонала L объекта, чел	Обеспечен. убежищ., %	Обеспеченность СИЗ, %	Укрытие в произв. зданиях, %/кратность воздухообмена	На откр. местн. без средств защ., %	Плотность населения, тыс./км <sup>3</sup>	
1	1,2	50	50	–	50/0,5	–	4000	5000
2	0,1	48	–	80	18/1,0	2	4500	3000
3	0,3	40	–	100	–	3	1500	2000
4	0,2	2000	50	–	48/0,5	2	3000	1500
5	0,1	900	30	–	60/2	10	2800	500
6	0,1	500	–	90	–	10	4200	700
7	1,0	40	–	100	90/2,0	10	2700	900
8	0,12	1340	50	–	42/0,5	8	2800	210
9	0,18	990	–	–	88/1,0	12	1200	560
10	0,1	1200	55	20	20/2,0	5	1600	230
11	0,2	70	–	10	80/1,0	10	1500	790
12	0,3	2000	50	20	24/2,0	6	4000	890
13	0,12	890	40	35	20/1,0	5	3600	1280
14	0,1	795	30	20	45/2,0	5	2900	569
15	1,9	60	–	–	95/1,0	5	5000	2160
16	0,2	798	30	50	18/0,5	2	4790	3400
17	0,1	1360	40	20	30/1,0	10	3900	890
18	0,1	1270	35	35	24/0,5	6	4000	780
19	0,6	2060	50	20	20/1,0	10	5000	345
20	0,4	66	–	20	75/1,0	5	3200	780
21	0,5	72	–	–	90/10	10	2870	900
22	0,5	2120	30	50	18/1,0	2	4500	140
23	0,3	1700	40	40	13/2,0	7	4690	460
24	0,2	1500	40	20	30/0,5	10	5100	700
25	0,3	55	–	20	75/0,5	5	3670	348
26	0,1	1300	35	35	24/1,0	6	5060	222
27	0,2	1400	40	30	25/1,0	5	3800	335
28	2,0	65	–	20	75/0,5	5	3900	95
29	0,2	70	–	50	30/1,0	20	4000	109
30	1,0	60	–	40	50/0,5	10	5000	125



Таблица 3.7.3.

**Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы<sup>78</sup> по прогнозу погоды**

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность
< 2	ин	из	из (ин)	из	к(из)	из	ин	из
2–3,9	ин	из	из (ин)	из	из	из	из(ин)	из
> 4	из	из	из	из	из	из	из	из

Таблица 3.7.4.

**Глубина и площадь загрязнения при аварийном выбросе (выливе) аммиака, свободный разлив (h = 0,05 м)**

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км)/площадь загрязнения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т				
	0,3	0,5	1	5	10
<b>Инверсия</b>					
1	0,17/0,01 0,44/0,017	0,22/0,002 0,57/0,028	0,31/0,005 0,81/0,056	0,7/0,027 1,93/0,32	1,02/0,06 2,86/0,70
2	0,12/0,0005 0,32/0,008	0,16/0,001 0,41/0,014	0,22/0,002 0,59/0,028	0,5/0,011 1,31/0,14	0,70/0,023 1,85/0,28
3	0,1/0,0003 0,27/0,006	0,13/0,0005 0,34/0,009	0,18/0,001 0,49/0,019	0,40/0,006 1,09/0,09	0,57/0,014 1,54/0,19
4	0,086/0,002 0,23/0,004	0,11/0,0003 0,30/0,007	0,16/0,001 0,43/0,014	0,35/0,004 0,95/0,07	0,5/0,009 1,35/0,14
<b>Конвекция</b>					
1	0,05/0,0002 0,13/0,004	0,063/0,004 0,16/0,007	0,09/0,0008 0,23/0,013	0,2/0,005 0,52/0,065	0,28/0,01 0,73/0,13
2	0,035/0,001 0,09/0,0019	0,045/0,001 0,118/0,003	0,063/0,003 0,17/0,0007	0,15/0,002 0,37/0,022	0,2/0,004 0,53/0,065
3	0,028/0,000 0,076/0,013	0,036/0,001 0,1/0,002	0,05/0,0002 0,14/0,004	0,11/0,001 0,31/0,022	0,16/0,002 0,44/0,043
4	0,024/0,000 0,067/0,001	0,031/0,001 0,09/0,0016	0,045/0,001 0,122/0,003	0,1/0,0007 0,27/0,016	0,14/0,002 0,4/0,03

<sup>78</sup> Обозначения: ин – инверсия; из – изотермия; к – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове. Под термином "утро" понимается период времени в течение 2 часов после восхода солнца; под термином "вечер" – в течение 2 часов после захода солнца. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчетах на момент аварии.

## Окончание таблицы 3.7.4.

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км)/площадь загрязнения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т				
	0,3	0,5	1	5	10
<b>Изотермия</b>					
1	<u>0,8/0,0003</u> 0,21/0,005	<u>0,1/0,00051</u> 0,27/0,0081	<u>0,15/0,0051</u> 0,39/0,016	<u>0,33/0,0065</u> 0,87/0,081	<u>0,47/0,014</u> 1,26/0,17
3	<u>0,05/0,00007</u> 0,06/0,00012	<u>0,06/0,0012</u> 0,16/0,0027	<u>0,09/0,0003</u> 0,23/0,005	<u>0,19/0,0016</u> 0,52/0,027	<u>0,27/0,003</u> 0,74/0,05
5	<u>0,04/0,00004</u> 0,1/0,001	<u>0,05/0,0006</u> 0,13/0,0016	<u>0,07/0,0001</u> 0,19/0,003	<u>0,15/0,0008</u> 0,42/0,0016	<u>0,21/0,002</u> 0,6/0,03
7	<u>0,031/0,00002</u> 0,068/0,0007	<u>0,04/0,0004</u> 0,11/0,0012	<u>0,06/0,0009</u> 0,16/0,0023	<u>0,13/0,0005</u> 0,36/0,012	<u>0,18/0,001</u> 0,51/0,023
9	<u>0,027/0,0002</u> 0,079/0,00054	<u>0,035/0,003</u> 0,10/0,0009	<u>0,05/0,0006</u> 0,14/0,002	<u>0,11/0,0004</u> 0,32/0,009	<u>0,16/0,0008</u> 0,45/0,018
11	<u>0,025/0,00001</u> 0,072/0,00044	<u>0,032/0,002</u> 0,093/0,074	<u>0,05/0,0005</u> 0,29/0,007	<u>0,1/0,0003</u> 0,29/0,007	<u>0,14/0,006</u> 0,42/0,015
Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км)/площадь загрязнения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т				
	30	50	100	500	
<b>Инверсия</b>					
1	<u>1,90/0,24</u> 5,42/2,50	<u>2,55/0,46</u> 7,34/4,57	<u>3,82/1,12</u> 11,1/10,5	<u>10,0/9,3</u> 20,0/42,8	
2	<u>1,21/0,08</u> 3,4/0,93	<u>1,57/0,14</u> 4,5/1,64	<u>2,3/0,32</u> 6,7/3,64	<u>5,8/2,45</u> 17,2/24,1	
3	<u>1,0/0,0045</u> 2,66/0,56	<u>1,28/0,08</u> 3,5/0,96	<u>1,8/0,17</u> 5,14/2,07	<u>4,3/1,17</u> 12,9/13,0	
4	<u>0,86/0,03</u> 2,34/0,42	<u>1,10/0,055</u> 3,02/0,7	<u>1,56/0,12</u> 4,3/1,43	<u>3,55/0,71</u> 10,62/8,57	
<b>Конвекция</b>					
1	<u>0,49/0,03</u> 1,3/0,41	<u>0,63/0,06</u> 1,72/0,72	<u>0,90/0,13</u> 2,54/1,58	<u>2,26/0,95</u> 6,5/10,3	
2	<u>0,35/0,013</u> 0,91/0,19	<u>0,45/0,023</u> 1,18/0,32	<u>0,63/0,05</u> 1,7/0,65	<u>1,4/0,3</u> 4,0/3,7	
3	<u>0,28/0,008</u> 0,76/0,1	<u>0,36/0,014</u> 0,98/0,22	<u>0,51/0,03</u> 1,4/0,43	<u>1,15/0,17</u> 3,13/2,2	
4	<u>0,24/0,005</u> 0,67/0,1	<u>0,31/0,009</u> 0,86/0,16	<u>0,45/0,02</u> 1,22/0,32	<u>1,0/0,12</u> 2,7/1,62	
<b>Изотермия</b>					
1	<u>0,83/0,047</u> 2,3/0,58	<u>1,1/0,09</u> 3,1/1,04	<u>1,6/0,21</u> 4,6/2,3	<u>4,15/1,64</u> 12,08/15,7	
3	<u>0,47/0,01</u> 1,28/0,16	<u>0,6/0,02</u> 1,65/0,27	<u>0,86/0,4</u> 2,33/0,54	<u>1,67/0,25</u> 5,5/3,07	
5	<u>0,37/0,006</u> 1,02/0,1	<u>0,47/0,01</u> 1,31/0,16	<u>0,67/0,2</u> 1,86/0,32	<u>1,5/0,13</u> 4,15/1,62	
7	<u>0,31/0,038</u> 0,88/0,07	<u>0,4/0,007</u> 1,13/0,12	<u>0,57/0,14</u> 1,6/0,23	<u>1,27/0,08</u> 3,58/1,16	
9	<u>0,27/0,003</u> 0,79/0,054	<u>0,35/0,005</u> 1,02/0,09	<u>0,5/0,01</u> 1,44/0,18	<u>1,12/0,06</u> 3,21/0,9	
11	<u>0,25/0,002</u> 0,72/0,044	<u>0,32/0,004</u> 0,93/0,07	<u>0,45/0,01</u> 1,32/0,15	<u>1,01/0,06</u> 2,94/0,74	

Продолжительность действия вторичного облака определяется временем испарения аммиака с площади разлива, которое зависит от высоты столба разлившейся жидкости (h) и скорости приземного ветра.  $h = H - 0,2$  – для случая, когда вылив аммиака произошел в поддон. При свободном разливе аммиака величина h принимается равной  $0,05 \text{ м}^{79}$ .

<sup>79</sup> В исходных данных высота поддона H принята равной 0,8 м, как наиболее типичный вариант для РБ.

Данные о времени испарения аммиака с площади разлива приведены в табл. 3.7.7.

Таблица 3.7.5.

**Глубина и площадь загрязнения при аварийном выбросе  
(выливе) аммиака, разлив в поддон (H = 0,8 м)**

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км)/площадь загрязнения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т			
	0,3	0,5	1	5
<b>Инверсия</b>				
1	<u>0,17/0,001</u> 0,25/0,006	<u>0,22/0,002</u> 0,32/0,010	<u>0,31/0,0045</u> 0,46/0,021	<u>0,70/0,027</u> 1,02/0,0107
2	<u>0,12/0,0005</u> 0,19/0,004	<u>0,16/0,009</u> 0,25/0,006	<u>0,22/0,002</u> 0,35/0,012	<u>0,50/0,011</u> 0,78/0,061
3	<u>0,10/0,0003</u> 0,17/0,003	<u>0,13/0,0005</u> 0,22/0,005	<u>0,18/0,001</u> 0,31/0,010	<u>0,40/0,006</u> 0,69/0,048
4	<u>0,09/0,0002</u> 0,16/0,002	<u>0,11/0,0004</u> 0,20/0,004	<u>0,16/0,0007</u> 0,28/0,008	<u>0,34/0,004</u> 0,64/0,04
<b>Конвекция</b>				
1	<u>0,049/0,0002</u> 0,071/0,0015	<u>0,063/0,0004</u> 0,092/0,0025	<u>0,090/0,0008</u> 0,130/0,005	<u>0,199/0,046</u> 0,292/0,025
2	<u>0,034/0,00005</u> 0,054/0,0009	<u>0,04/0,0005</u> 0,07/0,001	<u>0,063/0,0003</u> 0,099/0,003	<u>0,141/0,0019</u> 0,222/0,014
3	<u>0,028/0,00005</u> 0,048/0,0007	<u>0,036/0,0009</u> 0,062/0,001	<u>0,051/0,0002</u> 0,088/0,0023	<u>0,115/0,0011</u> 0,196/0,011
4	<u>0,024/0,00003</u> 0,044/0,0006	<u>0,31/0,0006</u> 0,057/0,001	<u>0,046/0,0001</u> 0,081/0,002	<u>0,099/0,0008</u> 0,181/0,010
<b>Изотермия</b>				
1	<u>0,048/0,0002</u> 0,071/0,0015	<u>0,063/0,0004</u> 0,092/0,0015	<u>0,089/0,0008</u> 0,130/0,0050	<u>0,20/0,0047</u> 0,29/0,025
3	<u>0,028/0,0005</u> 0,048/0,0007	<u>0,036/0,0009</u> 0,062/0,0011	<u>0,051/0,0002</u> 0,088/0,0022	<u>0,12/0,0011</u> 0,20/0,011
5	<u>0,022/0,0003</u> 0,042/0,0005	<u>0,028/0,0005</u> 0,054/0,00086	<u>0,040/0,0001</u> 0,077/0,0017	<u>0,09/0,0006</u> 0,17/0,009
7	<u>0,02/0,0002</u> 0,039/0,0005	<u>0,024/0,00003</u> 0,05/0,00074	<u>0,034/0,00006</u> 0,071/0,0015	<u>0,08/0,0004</u> 0,16/0,007
9	<u>0,016/0,0001</u> 0,037/0,0004	<u>0,021/0,0002</u> 0,048/0,00068	<u>0,030/0,00005</u> 0,068/0,0014	<u>0,07/0,0003</u> 0,15/0,007
11	<u>0,015/0,0001</u> 0,035/0,0004	<u>0,02/0,0002</u> 0,045/0,0006	<u>0,027/0,00004</u> 0,064/0,0012	<u>0,06/0,0002</u> 0,14/0,006

Таблица 3.7.6.

**Значения коэффициента  $\alpha$**

$\Gamma_{пр}/\Gamma$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	1
<b>A</b>	0,015	0,05	0,15	0,25	0,5	1,0

**Задача 5.** *Определение времени подхода облака загрязненного воздуха к объекту.* Время подхода облака загрязненного воздуха к объекту (t, час) определяется как отношение удаления поражаемого объекта от источника загрязнения (X, км) к скорости переноса воздушного потока (u, км/ч), приведенной в таблице 3.7.8.

$$t = X/u. \quad (3.7.2)$$

**Задача 6. Расчет количества и структуры пораженных людей.** Расчет количества пораженных, как среди производственного персонала объекта, на котором произошла авария, так и среди населения, проживающего вблизи этого объекта, производится исходя из количества людей, оказавшихся в очаге поражения, и их защищенности от воздействия паров ядовитых веществ.

Количество людей, оказавшихся в очаге поражения, рассчитывают либо суммированием количества производственного персонала (населения), находящегося на отдельных производственных участках (в жилых кварталах, населенных пунктах), подвергшихся воздействию загрязненного воздуха, либо путем умножения средней плотности находящихся на территории объекта (населенного пункта) производственного персонала (населения) на площадь загрязненной территории.

Таблица 3.7.7.

**Продолжительность испарения сжиженного аммиака с поверхности разлива, (мин, ч, сут)**

Скорость ветра, м/с	Продолжительность испарения сжиженного аммиака при высоте столба разлившейся жидкости (h), м							
	0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	3,5	7,0
1	1,3 ч	2,6 ч	7,8 ч	13,0 ч	15,6 ч	20,8 ч	3,8 сут	7,6с сут
2	1,0 ч	2,0 ч	6,0 ч	10,0 ч	12,0 ч	15,5 ч	2,7 сут	5,6 сут
3	50 мин	1,5 ч	4,5 ч	7,5 ч	9,0 ч	12,0 ч	2,3 сут	4,6 сут
4	40 мин	1,3 ч	4,0 ч	6,5 ч	7,8 ч	10,4 ч	1,9 сут	3,8 сут
5	35 мин	1,1 ч	3,3 ч	5,6 ч	6,6 ч	8,8 ч	1,6 сут	3,2 сут
8	25 мин	50 мин	2,5 ч	4,2 ч	5,0 ч	6,7 ч	1,1 сут	2,3 сут
10	20 мин	40 мин	2,0 ч	3,3 ч	4,0 ч	5,3 ч	23 ч	1,9 сут
12	17 мин	35 мин	1,7 ч	3,7 ч	3,5 ч	4,6 ч	20 ч	1,7 сут
15	15 мин	30 мин	1,5 ч	2,5 ч	3,0 ч	4,0 ч	16 ч	1,4 сут

Таблица 3.7.8.

**Скорость переноса переднего фронта облака, км/ч**

Степень вертикальной устойчивости воздуха	Скорость ветра, м/с					
	1	2	3	4	6	8
Инверсия	1	10	16	21	—	—
Изотермия	6	12	18	24	35	47
Конвекция	7	14	2	28	—	—

Формулы для определения числа пораженных людей для обоих случаев имеют вид:

$$П = L \cdot (1 - K_{зашц}) , \quad (3.7.3)$$

$$П = D \cdot S_{пр} (1 - K_{зашц}) , \quad (3.7.4)$$

где П – число пораженных на предприятии (в городе, сельской местности, чел.); L – количество производственного персонала (населения), оказавшегося в очаге поражения, чел.; D – средняя плотность размещения производственного персонала (населения) по территории объекта (города, загородной зоны), чел./км<sup>2</sup>; S<sub>пр</sub> – площадь территории предприятия (города, загородной зоны), приземный слой воздуха на которой был подвержен заражению, км<sup>2</sup>;

$K_{\text{защ}}$  – коэффициент защищенности производственного персонала (населения) от поражения ядовитым веществом.

Коэффициент защищенности рассчитывается исходя из места пребывания производственного персонала (населения) в момент подхода облака к поражаемому объекту и защитных свойств используемых при этом укрытий или табельных средств индивидуальной защиты.

$$K_{\text{защ}} = q_1 \cdot K_{1,\text{защ}} + q_2 \cdot K_{2,\text{защ}} + \dots + q_n \cdot K_{n,\text{защ}}, \quad (3.7.5)$$

где  $q$  – доля производственного персонала (населения), находящегося в  $i$ -том укрытии;

- $i =$  {
- 1 – эвакуированный персонал (население);
  - 2 – персонал (население), находящийся открыто на местности;
  - 3 – персонал (население), обеспеченный промышленными противогазами;
  - 4 – персонал (население), укрываемый в убежищах;
  - 5 – персонал (население), находящийся в производственных зданиях (в жилых помещениях).

Для расчета коэффициентов защищенности используют табл. 3.7.9 и 3.7.10, а структура пораженных определяется по табл. 3.7.11.

Таблица 3.7.9.

**Коэффициент защищенности производственного персонала от ХОВ при использовании различных укрытий и средств индивидуальной защиты**

Место пребывания или применяемые средства защиты	Время пребывания, ч				
	0,25	0,5	1	2	3–4
Открыто на местности	0	0	0	0	0
В транспорте	0,95	0,75	0,41	-	-
В производственных помещениях с коэффициентом кратности воздухообмена: 0,5					
	1,0	0,97	0,87	0,68	0,38
	2,0	0,67	0,52	0,30	0,13
В убежищах: с режимом регенерации воздуха без режима регенерации воздуха	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	0
В промышленных противогазах	0,95	0,8	0,5	0	0

Таблица 3.7.10.

**Средние значения коэффициентов защищенности ( $K_{\text{заш}}$ ) городского населения с учетом его пребывания в жилых и производственных зданиях, транспорте и открыто на местности<sup>80</sup>**

Время суток, часы от и до	Время, прошедшее после начала воздействия АХОВ				
	15 мин	30 мин	1 час	2 часа	3-4 часа
<b>А. Население не оповещено об опасности</b>					
1–6	0,95	0,89	0,76	0,36	0,09
6–7	0,84	0,72	0,64	0,29	0,07
7–10	0,64	0,54	0,35	0,13	0,02
10–13	0,69	0,58	0,37	0,15	0,03
13–15	0,72	0,64	0,47	0,20	0,04
15–17	0,69	0,58	0,37	0,15	0,03
17–19	0,69	0,62	0,47	0,19	0,04
19–1	0,88	0,82	0,67	0,3	0,07
<b>Б. Население оповещено об опасности</b>					
1–6	0,95	0,89	0,20	0,36	0,09
6–7	0,93	0,87	0,74	0,65	0,10
7–10	0,78	0,68	0,49	0,22	0,06
10–13	0,79	0,67	0,47	0,21	0,04
13–15	0,83	0,74	0,56	0,25	0,05
15–17	0,79	0,69	0,49	0,22	0,04
17–19	0,86	0,78	0,63	0,28	0,06
19–1	0,91	0,85	0,71	0,34	0,09

Таблица 3.7.11.

**Характеристика структуры пораженных (в %)**

Наименование АХОВ	Характер поражений			
	Смертельные	Тяжелой и средней степени	Легкой степени	Пороговые
Аммиак	15	10	25	50

<sup>80</sup> При определении количества пораженных от первичного облака используют  $K_{\text{заш}}$  на 15 и 30 минут.

Таблица 3.7.12.

**Средние значения коэффициентов защищенности ( $K_{\text{заш}}$ ) сельского населения с учетом его пребывания в жилых и производственных зданиях, транспорте и открыто на местности**

Время суток, часы от и до	Время, прошедшее после начала воздействия ХОВ				
	15 мин	30 мин	1 час	2 часа	3-4 часа
<b>А. Население не оповещено об опасности</b>					
1–6	0,72/0,87	0,69/0,84	0,60/0,72	0,28/0,33	0,07/0,15
6–7	0,39/0,59	0,37/0,57	0,32/0,48	0,15/0,23	0,10/0,05
7–10	0,24/0,24	0,23/0,23	0,20/0,20	0,10/0,10	0,02/0,02
10–13	0,19/0,19	0,18/0,18	0,16/0,16	0,08/0,08	0,02/0,02
13–15	0,17/0,24	0,14/0,23	0,12/0,20	0,06/0,10	0,02/0,02
15–17	0,15/0,48	0,14/0,46	0,12/0,40	0,06/0,19	0,02/0,05
Время суток, часы от и до	Время, прошедшее после начала воздействия ХОВ				
	15 мин	30 мин	1 час	2 часа	3-4 часа
<b>Б. Население оповещено об опасности</b>					
17–19	0,19/0,59	0,18/0,57	0,16/0,48	0,08/0,23	0,02/0,05
19–1	0,48/0,78	0,46/0,73	0,40/0,64	0,19/0,30	0,05/0,07
1–6	0,78/0,87	0,73/0,85	0,64/0,74	0,30/0,35	0,08/0,09
6–7	0,50/0,81	0,48/0,77	0,42/0,67	0,21/0,20	0,07/0,08
7–10	0,89/0,39	0,37/0,37	0,32/0,32	0,15/0,15	0,04/0,04
10–13	0,33/0,33	0,31/0,31	0,27/0,27	0,13/0,13	0,13/0,13
13–15	0,31/0,39	0,30/0,37	0,26/0,32	0,12/0,15	0,03/0,04
15–17	0,31/0,59	0,30/0,57	0,26/0,48	0,12/0,23	0,05/0,05
17–19	0,35/0,66	0,38/0,62	0,29/0,55	0,14/0,26	0,03/0,04
19–20 <sup>81</sup>	0,59/0,81	0,57/0,77	0,48/0,57	0,23/0,32	0,07/0,6

<sup>81</sup> Для сельского населения указано значение  $K_{\text{заш}}$  на период ведения с/х работ, в знаменателе – на зимний период. При определении количества пораженных от первичного облака используется  $K_{\text{заш}}$  на 15 и 30 минут.

Таблица 3.7.13

**Глубина и площадь загрязнения при аварийном выбросе  
(выливе) аммиака, разлив в поддон (H=0,8 м)**

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км)/площадь загрязнения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т				
	10	30	50	100	500
<b>Инверсия</b>					
1	<u>1,02/0,061</u> 1,49/0,224	<u>1,9/0,240</u> 2,78/0,779	<u>2,55/0,46</u> 3,72/1,40	<u>3,82/1,12</u> 5,58/3,15	<u>10,0/9,31</u> 14,6/21,54
2	<u>0,70/0,023</u> 1,10/0,123	<u>1,21/0,080</u> 1,91/0,368	<u>1,57/0,14</u> 2,48/0,62	<u>2,31/0,32</u> 3,66/1,36	<u>5,80/2,45</u> 9,23/8,62
3	<u>0,57/0,014</u> 0,97/0,10	<u>0,99/0,045</u> 1,68/0,287	<u>1,28/0,08</u> 2,17/0,48	<u>1,80/0,17</u> 3,07/0,96	<u>4,33/1,17</u> 7,51/5,7
4	<u>0,50/0,009</u> 0,90/0,08	<u>0,86/0,31</u> 1,56/0,250	<u>1,1/0,05</u> 2,01/0,41	<u>1,56/0,12</u> 2,84/0,82	<u>3,55/0,71</u> 6,62/4,43
<b>Конвекция</b>					
1	<u>0,28/0,01</u> 0,41/0,05	<u>0,49/0,033</u> 0,71/0,15	<u>0,63/0,06</u> 0,92/0,25	<u>0,91/0,13</u> 1,33/0,52	<u>2,26/0,96</u> 3,3/3,2
2	<u>0,2/0,004</u> 0,31/0,03	<u>0,35/0,013</u> 0,54/0,87	<u>0,44/0,23</u> 0,70/0,14	<u>0,63/0,05</u> 0,99/0,29	<u>1,41/0,29</u> 2,22/1,44
3	<u>0,16/0,002</u> 0,28/0,023	<u>0,28/0,008</u> 0,5/0,07	<u>0,36/0,014</u> 0,48/0,11	<u>0,51/0,03</u> 0,88/0,23	<u>1,15/0,17</u> 1,96/1,25
4	<u>0,14/0,002</u> 0,267/0,02	<u>0,24/0,005</u> 0,44/0,06	<u>0,31/0,009</u> 0,57/0,096	<u>0,45/0,02</u> 0,81/0,19	<u>1,0/0,12</u> 1,81/0,96
<b>Изотермия</b>					
1	<u>0,28/0,01</u> 0,41/0,05	<u>0,49/0,034</u> 0,71/0,150	<u>0,63/0,059</u> 0,92/0,25	<u>0,91/0,13</u> 1,33/0,52	<u>2,26/0,10</u> 3,30/3,20
3	<u>0,16/0,0024</u> 0,28/0,022	<u>0,28/0,008</u> 0,48/0,068	<u>0,36/0,014</u> 0,62/0,11	<u>0,51/0,031</u> 0,88/0,23	<u>1,15/0,18</u> 1,96/1,25
5	<u>0,13/0,0012</u> 0,24/0,017	<u>0,22/0,004</u> 0,42/0,052	<u>0,28/0,007</u> 0,54/0,086	<u>0,40/0,016</u> 0,77/0,17	<u>0,89/0,092</u> 1,71/0,86
7	<u>0,11/0,0008</u> 0,22/0,015	<u>0,18/0,003</u> 0,39/0,045	<u>0,24/0,005</u> 0,50/0,074	<u>0,34/0,010</u> 0,71/0,15	<u>0,75/0,60</u> 1,59/0,74
9	<u>0,09/0,0006</u> 0,21/0,014	<u>0,16/0,002</u> 0,37/0,040	<u>0,21/0,003</u> 0,48/0,067	<u>0,30/0,007</u> 0,68/0,14	<u>0,66/0,043</u> 1,52/0,68
11	<u>0,09/0,0006</u> 0,21/0,014	<u>0,16/0,002</u> 0,37/0,040	<u>0,21/0,003</u> 0,48/0,067	<u>0,30/0,007</u> 0,68/0,14	<u>0,66/0,043</u> 1,52/0,68

**Выводы**

о выполнении расчетной работы по теме «Прогнозирование и оценка химической обстановки» студента \_\_\_\_\_

Вариант № \_\_\_\_\_ Учебная группа \_\_\_\_\_

Таблица 3.7.14.

№ задачи	Определялись при решении задач	Результат
1	Глубина зоны загрязнения первичным облаком Глубина зоны загрязнения вторичным облаком	
2	Площадь зоны загрязнения первичным облаком	



	Площадь зоны загрязнения вторичным облаком	
	Площадь зоны загрязнения, приходящаяся на территорию объекта: - по первичному облаку - по вторичному облаку	
3	Продолжительность поражающего действия аммиака	
4	Время подхода загрязненного воздуха к объекту	
5	Коэффициент защищенности персонала объекта	
	Коэффициент защищенности населения города	
	Коэффициент защищенности населения в сельской местности	
	Всего пораженных людей на объекте, из них:	
	- со смертельным исходом	
	- тяжелой и средней степени	
	- легкой степени	
	- пороговые	
	Всего пораженных людей в городе, из них:	
	- со смертельным исходом	
	- тяжелой и средней степени	
	- легкой степени	
	- пороговые	
	Всего пораженных людей в городе, из них:	
	- со смертельным исходом	
- тяжелой и средней степени		
- легкой степени		
- пороговые		

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 3

1. Что называют государственной, национальной и общественной безопасностью?
2. Как функционирует ГСЧС?
3. Какие назначение, задачи и структура ГСЧС?
4. Какие органы управления, силы и средства имеются у ГСЧС?
5. Какой порядок функционирования и основные мероприятия при введении режимов функционирования системы?
6. Как организуется деятельность объектового звена территориальной подсистемы ГСЧС?
7. Как функционирует ГО, ее структура и основные задачи?
8. Какие имеются органы управления и силы у ГО?
9. Как организуется ГО объекта?
10. Что известно о алгоритмах действий государственных структур и населения по предупреждению ЧС в мирное и военное время?
11. Как планируются виды деятельности для решения проблем безопасности?
12. Какая стратегия и общая характеристика мер по снижению рисков ЧС?
13. Какие планируются мероприятия при угрозе и(или) на случай возникновения ЧС?
14. Какие имеются механизмы реагирования на ЧС?

15. Какие основы организации системы мониторинга и прогнозирования ЧС?
16. Какая сущность прогнозирования ЧС?
17. Что называют обобщенной оценкой ЧС: величиной социального, экономического, экологического рисков и ущербов?
18. Какие особенности методологии оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека?
19. Какие методики используют для управления рисками?
20. Какие известны основные направления деятельности органов государственного управления, организаций всех форм собственности и населения по предупреждению чрезвычайных ситуаций, снижению возможного социального, экономического, экологического рисков и ущербов?
21. Как проводят оповещение населения при угрозе и возникновении ЧС?
22. Как предупредить ЧС, вызванных террористическими действиями?
23. Какие проводят меры безопасности при проведении массовых общественных мероприятий?
24. Как обеспечивают устойчивое развитие экономики?
25. Как воздействует ЧС на экономику?
26. Расскажите о терминологии в области промышленной безопасности.
27. Как организуется государственное управление промышленной безопасностью?
28. Как классифицируют опасные производственные объекты?
29. Что известно об анализе риска опасных производственных объектов?
30. Какие особенности обеспечения безопасности объектов в химической, нефтехимической промышленности?
31. Как проводят техническое расследование причин аварий?
32. Как проводят экспертизу и декларацию промышленной безопасности?
33. Как обеспечивают устойчивость функционирования промышленного объекта?
34. Какие факторы, влияющие на устойчивость его работы в условиях рыночной экономики?
35. Какие основные мероприятия по предупреждению ЧС техногенного характера на объекте, повышению его устойчивой работы в ЧС мирного и военного времени?
36. Как обеспечивают безопасность объектов энергетики и классифицируют их по степени опасности для жизнедеятельности человека?
37. Что известно об анализе риска возникновения аварий и катастроф на объектах энергетики?
38. Какие основные мероприятия предупреждают ЧС на объектах энергетики и повышают их устойчивой работы в ЧС мирного и военного времени?
39. Как проводят техническое расследование причин аварий, экспертизу и декларацию безопасности объектов энергетики?
40. Как обеспечивают безопасность транспорта?
41. Дайте определение понятия «транспортная безопасность».

42. Как классифицируют угрозу транспортным инфраструктурам и выполняют мониторинг транспортных средств?
43. Как проводят анализ риска аварий, катастроф и управление рисками на транспорте?
44. Что известно о концепции комплексной безопасности на транспорте?
45. Чем характеризуется безопасность сельскохозяйственного производства?
46. Как обеспечивают безопасность продуктов питания?
47. Какую роль играет генная инженерия, пестициды, удобрения и безопасность в развитии сельского хозяйства?
48. Какие имеются проблемы в производстве, переработке и использовании сельскохозяйственной продукции?
49. Как обеспечивается экологическая безопасность населения, территорий и объектов?
50. Что известно о сущности понятия «экологическая безопасность»?
51. Какие имеются критерии экологической безопасности?
52. Как поддерживается экологическая безопасность человека?
53. Как проводится оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека?
54. Какие проводятся мероприятия по обеспечению экологической безопасности?
55. Как проводится экологический мониторинг, аудит и экологическая экспертиза объектов?
56. Какие особенности обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства?
57. Что известно о менеджменте в эколого-производственной системе?

#### 4. ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИЛ ГСЧС, ГО И НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (лекции – 6 часов, практические (семинарские) занятия – 8 часов)

##### 4.1 ЛЕКЦИЯ: ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (2 часа)

*План лекции:* Общие положения по обеспечению безопасности людей в ЧС. Основные мероприятия защиты населения в ЧС и условия их применения. Способы защиты населения. Временное отселение. Защитные сооружения гражданской обороны и порядок их использования. Средства индивидуальной защиты, порядок их накопления, хранения и выдачи населению. Медицинские средства защиты.

Общими положениями по обеспечению безопасности людей в ЧС являются: заблаговременность проведения мероприятий, направленных на предупреждение ЧС, а также на максимально возможное снижение размеров материального ущерба и вреда, причиненного здоровью людей и окружающей среде в случае их возникновения; планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения ЧС; необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Основными мероприятиями по защите населения в ЧС являются (ГОСТ Р 22.3.03-94): 1) Укрытие людей в приспособленных под нужды защиты населения помещениях производственных, общественных и жилых зданий, а также в специальных защитных сооружениях. 2) Эвакуация населения из зон ЧС. 3) Использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожных покровов. 4) Проведение мероприятий медицинской защиты. 5) Проведение аварийно-спасательных и др. неотложных работ в зонах ЧС.

Условия применения основных мероприятий защиты населения в ЧС следующие:

1) Укрытие населения в приспособленных помещениях и в специальных защитных сооружениях по месту постоянного проживания или временного нахождения людей непосредственно во время действия поражающих факторов источников ЧС, а также при угрозе их возникновения.

2) Эвакуацию проводят в случае угрозы возникновения или появления реальной опасности влияния разрушительных и вредоносных сил природы, техногенных факторов и применения современного оружия для безопасного нахождения людей, а также при невозможности создать для жителей пострадавших территорий минимально необходимых условий жизнеобеспечения. Эвакуацию осуществляют путем организованного вывода и (или) вывоза населения в заранее подготовленные близлежащие безопасные места.



Рис. 4.1.1. Противогаз  
ГП-5

3) Средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи (СИЗ) предотвращают воздействия на людей опасных и вредных аэрозолей, газов и паров, попавших в окружающую среду при разрушении оборудования и коммуникаций объектов, а также снижать нежелательные эффекты действия на человека светового, теплового и ионизирующего излучений. Используют: а) для защиты органов дыхания – общевойсковые, гражданские и промышленные противогазы (рис. 4.1.1), респираторы (в том числе и производственные респираторы), противопыльные тканевые маски и повязки; б) для защиты кожи – общевойсковые защитные комплекты, различные защитные костюмы промышленного изготовления и простейшие средства защиты кожи (производственная и повседневная одежда, при необходимости пропитанная специальными растворами).

4) Мероприятия медицинской защиты населения при ЧС следует проводить с целью предотвращения или снижения тяжести поражений, ущерба для жизни и здоровья людей под воздействием опасных и вредных факторов стихийных бедствий, аварий и катастроф, а также для обеспечения эпидемического благополучия в районах ЧС и в местах дислокации эвакуированных.

Эту цель достигают применяя профилактические медицинские препараты-антидоты, протекторы, стимуляторы резистентности, своевременную квалифицированную медицинскую помощь пораженным и специализированное стационарное их лечение до определившегося исхода, иммунопрофилактику среди категорий лиц повышенного риска инфицирования и другие противоэпидемические мероприятия.

5) Комплекс аварийно-спасательных работ обеспечивает поиск и удаление людей за пределы зон действия опасных и вредных для их жизни и здоровья факторов, оказание неотложной медицинской помощи пострадавшим и их эвакуацию в лечебные учреждения, создание для спасенных необходимых условий физиологически нормального существования человеческого организма. Они обеспечивают блокирование, локализацию или нейтрализацию источников опасности, снижение интенсивности, ограничение распространения и устранение действия на людей поражающих факторов в зоне бедствия, аварии или катастрофы до уровней, позволяющих эффективно применить другие мероприятия защиты (рис. 4.1.2).

Основными способами защиты населения, которые планируют и проводят в комплексе, являются: а) организационные; б) укрытие населения в защитных сооружениях; в) эвакуация населения; г) инженерная защита населения; д) использование индивидуальных средств защиты; е) проведение радиационных, химических и медико-биологических мероприятий защиты.



Рис. 4.1.2.  
Защита кожи  
общевойсковым  
защитным  
комплексом

*Временное отселение населения*<sup>82</sup> – комплекс мероприятий по осуществлению организованного перемещения населения из зоны ЧС (в военное время – в том числе из зоны возможного поражения) в безопасные районы до окончания воздействия ее опасных факторов и восстановления соответствующих условий жизнедеятельности. Эвакуационные мероприятия проводят в целях снижения вероятных потерь населения, сохранения материальных и историко-культурных ценностей в случае опасности их уничтожения или повреждения при угрозе и возникновении ЧС в мирное и военное время исходя из принципа необходимой достаточности и максимально возможного использования имеющихся собственных сил и средств на основании планов временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы, являющихся составной частью планов ГО и планов защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера соответствующих административно-территориальных единиц, утверждаемых в соответствии с законодательством.

Защитное сооружение (ЗС) ГО – инженерное сооружение, предназначенное для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий на потенциально опасных объектах, либо стихийных бедствий в районах размещения этих объектов, а также от воздействия современных средств поражения. К ним относятся убежища и противорадиационные и простейшие укрытия. Защитные сооружения могут быть встроенными, расположенными в подвалах и цокольных этажах зданий и сооружений, и отдельно стоящими, сооружаемыми вне зданий и сооружений. Размещают их возможно ближе к местам работы или проживания служащих. По срокам строительства ЗС подразделяются на построенные заблаговременно, т.е. в мирное время и быстровозводимые, которые сооружаются в предвидении каких-либо чрезвычайных ситуаций или при внезапном нападении противника.

Убежища – это защитные сооружения, в которых в течение определённого времени обеспечиваются условия для укрытия людей с целью защиты от обломков разрушающихся зданий, от проникающей радиации и радиоактивной пыли, от попаданий внутрь помещений сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, бактериальных средств, повышенных температур при пожарах, угарного газа и других опасных веществ в ЧС (рис. 4.1.3).

Убежища классифицируют: 1) по степени защиты: 1 класса  $K_{\text{защ}} > 5000$ ,  $P_{\text{ф}}$  – до 500 кПа; 2 класса  $K_{\text{защ}} > 3000$ ,  $P_{\text{ф}}$  – до 300 кПа; 3 класса  $K_{\text{защ}} > 2000$ ,  $P_{\text{ф}}$  – до 200 кПа; 4 класса  $K_{\text{защ}} > 1000$ ,  $P_{\text{ф}}$  – до 100 кПа; 2) по вместимости: большие – более 2000 человек, средние – на 600-2000 человек, малые – на 150–600 человек; 3) по местоположению: встроенные, отдельно стоящие, приспособленные (метро, горные выработки); 4) по времени возведения: возводимые заблаговременно, быстро возводимые.

---

<sup>82</sup> Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 апреля 2008 г. №610 «Об утверждении Положения о порядке временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы».

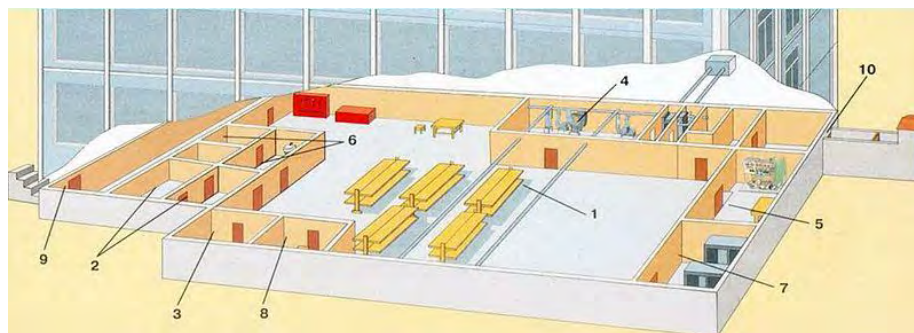


Рис. 4.1.3. План убежища

1 – помещение для укрываемых; 2 – пункт управления; 3 – медицинский пункт; 4 – фильтровентиляционная камера; 5 – помещение дизельной электростанции; 6 – санитарный узел; 7 – помещение для ГСМ и электрощитовая; 8 – помещение для продовольствия; 9 – вход с тамбуром; 10 – аварийный выход с тамбуром.

Характеризуются наличием прочных стен, перекрытий и дверей, наличием герметических конструкций и фильтровентиляционных устройств. Все это создает благоприятные условия для нахождения в них людей в течение нескольких суток. Не менее надежными делаются входы и выходы, а так же аварийные выходы на случай завала или повреждения основных выходов. Убежища герметизируют и оснащают фильтровентиляционным оборудованием. Оно очищает наружный воздух, распределяет его по отсекам и создает в помещениях избыточное давление (подпор), что препятствует проникновению зараженного воздуха через различные трещины и неплотности. Длительное пребывание людей возможно благодаря надежному электропитанию (дизельная электростанция), санитарно-техническим устройствам (водопровод, канализация, отопление), радио- и телефонной связи, а также запасам воды, продовольствия и медикаментов. Система воздухообеспечения в свою очередь обеспечивает укрываемых не только необходимым количеством воздуха, но и придает ему нужную температуру, влажность и газовый состав.

Противорадиационные укрытия (ПРУ) используются для защиты от радиоактивного загрязнения в небольших городах и сельской местности. Часть из них строится заблаговременно в мирное время, другие возводятся (приспосабливаются) только в предвидении ЧС или при возникновении угрозы вооруженного конфликта. ПРУ устраивают в подвалах, цокольных и первых этажах зданий, в сооружениях хозяйственного назначения – погребах, подпольях, овощехранилищах. ПРУ обеспечивают необходимое ослабление радиоактивного излучения, защищают при авариях на химически опасных объектах и при возникновении ЧС природного характера: бурях, ураганах, смерчах и т.д. (рис. 4.1.4). Поэтому располагаются они вблизи мест проживания (работы) большинства укрываемых. Высота помещений ПРУ, как правило, не менее 1,9 м от пола до низа выступающих конструкций перекрытия. В крупных ПРУ устраивается два входа (выхода), в малых – до 50 чел. – допускается один. Во входах устанавливаются обычные двери, но обязательно уплотняемые в местах примыкания полотна к дверным коробкам. Норма площади пола основных помещений ПРУ на одного укрываемого принимается, как и в убежище, равной  $0,5\text{ м}^2$ , при двухярусном расположении нар.



Рис. 4.1.4. Противорадиационные укрытия

Быстровозводимые убежища (БВУ) строят в городах и на объектах, когда нет достаточного количества заблаговременно построенных убежищ. Возводят такие сооружения в короткие сроки (в течении нескольких суток) из железобетонных сборных конструкций, а иногда и из лесоматериалов. Вместимость их, как правило, небольшая – от 30 до 200 человек. БВУ, как и заблаговременно построенные убежища, должны состоять из помещений для укрываемых, мест для расположения фильтровентиляционного оборудования, санитарного узла, располагать аварийным запасом воды. В убежищах малой вместимости санитарный узел и емкости для отходов размещаются в тамбуре, а баки с водой – в помещении для укрываемых.

К простейшим укрытиям относятся – щели, траншеи, окопы, блиндажи, землянки и т.д. Все эти сооружения максимально просты, возводятся с минимальными затратами времени и материалов. Щель может быть открытой и перекрытой. Она представляет собой ров глубиной 1,8 – 2 м, шириной по верху 1 – 1,2 м, по низу 0,8 м. Обычно щель строится на 10 – 40 человек. Каждому укрываемому отводится 0,5 м. Устраиваются щели в виде расположенных под углом друг к другу прямолинейных участков, длина каждого из которых не более 10 м. Входы делаются под прямым углом к примыкающему участку. Перекрытие щели делается из бревен, брусьев, железобетонных плит или балок. Сверху укладывают слой мятой глины или другого гидроизоляционного материала (рубероида, толя, пергамина и т.д.) и все это засыпается слоем грунта 0,7–0,8 м.

*Средства индивидуальной защиты (СИЗ)* – изделия, предназначенные для защиты кожи и органов дыхания от воздействия отравляющих веществ и/или вредных примесей в воздухе. Классификация средств индивидуальной защиты устанавливается ГОСТ 12.4.011-89, где в зависимости от назначения они подразделяются на 11 классов, которые, в свою очередь, в зависимости от конструкции подразделяются на типы: 1) Одежда специальная защитная (тулупы, пальто, полупальто, накидки, халаты и т.д.). 2) Средства защиты рук (рукавицы, перчатки, наплечники, нарукавники и т.д.). 3) Средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т.д.). 4) Средства защиты



глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т.д.). 5) Средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т.д.). 6) Средства защиты органов дыхания (противогазы, респираторы, СИЗОД, самоспасатели и т.д.). 7) Костюмы изолирующие (пневмокостюмы, скафандры и т.д.). 8) Средства защиты органов слуха (затычки, защитные наушники, беруши и т.д.). 9) Средства защиты от падения с высоты (страховочные привязи, стропы с амортизатором и без, анкерные линии, блокирующие устройства и др.). 10) Средства защиты кожных покровов. 11) Средства защиты комплексные.

По назначению СИЗ подразделяют на общевоинские и специальные. Общевоинские СИЗ предназначены для использования личным составом всех или нескольких видов вооруженных сил и родов войск. Специальные СИЗ предназначены для использования военнослужащими определенных специальностей или для выполнения специальных работ.

По принципу защитного действия СИЗОД и СИЗК подразделяются на фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие СИЗК представляют собой одежду из материала, который пропитывается специальным техническим составом для нейтрализации или адсорбции паров АХОВ).

Средства защиты органов дыхания: СИЗОД фильтрующего действия – это противогазы и респираторы (рис. 4.1.5). Они находят широкое применение как наиболее доступные, простые и надежные в эксплуатации. В соответствии с ГОСТ фильтрующие СИЗОД обозначаются буквой Ф.



Рис. 4.1.5. Респираторы

СИЗОД изолирующего типа способны обеспечивать органы дыхания человека необходимым количеством свежего воздуха независимо от состава окружающей атмосферы. К ним относят: автономные дыхательные аппараты, обеспечивающие органы дыхания человека дыхательной смесью из баллонов со сжатым воздухом или сжатым кислородом, либо за счет регенерации кислорода с помощью кислородсодержащих продуктов; шланговые дыхательные аппараты, с помощью которых чистый воздух подается к органам дыхания по шлангу от воздуходувок или компрессорных магистралей.

Запасы СИЗ<sup>83</sup>, накапливаемые местными исполнительными и распорядительными органами для обеспечения населения, проживающего в возможных зонах загрязнения (заражения), в целях своевременной выдачи могут храниться как на стационарных, так и мобильных складах контейнерного типа.

<sup>83</sup> Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 ноября 2012 г. № 1066 «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты органов дыхания в условиях чрезвычайных ситуаций».

Предоставление населению СИЗ может осуществляться путем их плановой выдачи или выдачи в оперативном порядке.

К *медицинским средствам индивидуальной защиты* личного состава невоенизированных формирований и населения относятся: аптечка индивидуальная, индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8), индивидуальный перевязочный пакет. Выдача их производится в период угрозы нападения противника на пункте выдачи средств индивидуальной защиты. При получении медицинских средств индивидуальной защиты каждый обязан проверить комплектность аптечки и изучить правила пользования ею по инструкции. Не рекомендуется открывать без надобности аптечку, перекладывать и вскрывать пеналы с таблетками. Нельзя нарушать герметичность упаковки противохимического и перевязочного пакетов.

Аптечка индивидуальная предназначена для оказания самопомощи и взаимопомощи при ранениях, переломах и ожогах (для снятия боли) и предупреждения или ослабления поражения фосфорорганическими ОВ, бактериальными средствами и радиоактивными веществами. Аптечка представляет собой футляр из пластика размером 90x100x20 мм, массой 130 г, в который вложены пластмассовые тубики и пеналы с препаратами. Препараты вложены в семь гнезд: 1) шприц-тубик с противоболевым средством (промедолом). Он применяется при ранениях, переломах и ожогах как противоболевое средство. Инъекция внутримышечная. 2) средство для предупреждения отравления фосфорорганическими ОВ (тарен) находится в круглом красном пенале. В пенале 6 таблеток. Принимают его по сигналу Химическая тревога - одну таблетку. Затем сразу же надевают противогаз. При появлении и нарастании признаков отравления следует принять еще одну таблетку. Повторно принимать препарат рекомендуется не ранее чем через 5–6 часов. 3) противобактериальное средство № 2 (сульфадиметоксин) находится в большом круглом пенале без окраски (14 таблеток). Использовать его следует при желудочно-кишечном расстройстве, возникающем после облучения. В первые сутки принимают 7 таблеток (в один прием), а в последующие двое суток – по 4 таблетки. 4) радиозащитное средство №1 (цистамин) находится в двух восьмигранных пеналах по 6 таблеток в каждом. Этот препарат принимают по сигналу Радиационная опасность 6 таблеток в течение 30-40 минут, запивая водой. При новой угрозе облучения, но не ранее 4–5 часов после первого приема, рекомендуется принять еще 6 таблеток. 5) противобактериальное средство № 1 (хлортетрациклин) находится в двух одинаковых четырехгранных пеналах без окраски по 5 таблеток в каждом. Принимать его следует в случае применения противником бактериальных средств, при инфекционном заболевании, а также при ранениях и ожогах. Сначала принимают содержимое одного пенала (сразу 5 таблеток), а затем через 6 часов принимают содержимое другого пенала (также 5 таблеток). 6) радиозащитное средство № 2 (йодистый калий) находится в четырехгранном пенале белого цвета. В пенале 10 таблеток. Принимать его следует по одной таблетке ежедневно в течение 10 дней после выпадения радиоактивных осадков при употреблении в пищу загрязненного молока (рис. 4.1.6).



Рис. 4.1.6. Индивидуальная аптечка АИ-2

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-8 предназначен для обеззараживания капельно-жидких ОВ, попавших на открытые участки тела, одежду, обувь и индивидуальные средства защиты. Пакет состоит из стеклянного флакона с дегазирующим раствором и четырех ватно-марлевых тампонов. Важно бережно хранить пакет, чтобы не повредить стеклянный флакон с жидкостью. Когда необходимо, тампоны смачивают жидкостью из флакона и протирают зараженные участки. В первую очередь обеззараживаются открытые участки кожи, а затем края воротника и манжетов, средства индивидуальной защиты и снаряжение. Жидкость пакета ядовита - она не должна попасть в глаза. Если при обработке жидкостью появляется жжение, то нет необходимости волноваться: оно быстро исчезнет и не повлияет на самочувствие (рис. 4.1.7).

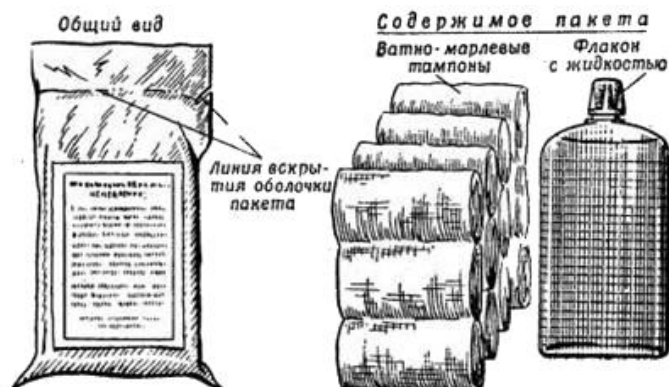


Рис. 4.1.7. Индивидуальный противохимический пакет

Индивидуальный перевязочный пакет состоит из бинта шириной 10 см и длиной 7 м и двух ватно-марлевых подушечек размером 17,5x32 см. Одна из подушечек пришита около начала бинта неподвижно, а другую можно передвигать по бинту для удобства наложения повязки. Свернутые подушечки и бинт завернуты в вощеную бумагу и вложены в герметичный чехол из прорезиненной ткани, целлофана или пергаментной бумаги (рис. 4.1.8).



Рис. 4.1.8. Индивидуальный перевязочный пакет

В пакете имеется булавка, на чехле указаны правила пользования пакетом. При вскрытии пакета нельзя нарушать стерильность поверхности подушечки, которой она прикладывается к ране или месту ожога. Руками можно трогать только поверхность подушечки, прошитую цветными нитками.

## **4.2 ЛЕКЦИЯ: ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СИЛАМИ ГСЧС И ГО** (2 часа)

**План лекции:** *Ликвидация ЧС и их последствий силами ГСЧС и ГО. Основы организации аварийно-спасательных и других неотложных работ. Приемы и способы спасательных и других работ в очагах разрушений, пожаров, химического, радиоактивного и биологического заражения, в зонах эпидемий, природных и экологических бедствий. Рекомендуемые правила поведения и способы обеспечения безопасности людей и объектов в природных, техногенных, экологических, биолого-социальных ЧС, а также в условиях терроризма. Рекомендуемые правила поведения людей и особенности оказания первой медицинской помощи пострадавшим в природных, техногенных и экологических ЧС.*

*Ликвидация ЧС и их последствий силами ГСЧС и ГО.* Ликвидация ЧС включает проведение в зоне ЧС и в прилегающих к ней районах силами и средствами ликвидации ЧС всех видов разведки и неотложных работ, а также организацию жизнеобеспечения пострадавшего населения и личного состава этих сил. При возникновении ЧС ГСЧС вводят в действие планы: 1) защиты населения и территорий от ЧС областей (районов), городов, республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству РБ, и планы предупреждения и ликвидации ЧС в полном объеме; 2) выдвижения оперативных групп в район ЧС; организации ликвидации ЧС; 3) определения границ зоны ЧС; 4) организации работ по обеспечению устойчивого функционирования в ЧС отраслей экономики и организаций, полному жизнеобеспечению пострадавшего населения; 5) непрерывного ведения мониторинга ЧС, прогнозирования развития ЧС, ее масштабов и последствий. Проводятся: 1) оценка масштабов ЧС ситуации и прогнозирование развития обстановки; 2) подготовка предложений по уточнению решений по локализации и ликвидации ЧС из числа ранее разработанных, их корректировке в соответствии со складывающейся обстановкой, использованию сил и средств, финансовых, продовольственных, медицинских и других ресурсов, а также материальных ценностей государственного материального резерва, распределению материальных и финансовых средств, поступающих в виде помощи от организаций и граждан, в том числе иностранных; 3) координация и контроль за деятельностью отраслевых и территориальных подсистем ГСЧС в районе ЧС по эвакуации населения, оказанию пострадавшим необходимой помощи и осуществлению других неотложных мер; 4) непосредственное руководство при необходимости работами по лик-

видации ЧС во взаимодействии с комиссиями и органами управления по ЧС территориальных и отраслевых подсистем ГСЧС.

Спасательные и другие неотложные работы (СиДНР) в ЧС мирного и военного времени, в очагах массового поражения являются одной из главных задач ГО. Условно АС и ДНР можно разделить на спасательные и неотложные работы. Считается, что неотложные работы необходимы для спасения людей и оказание медицинской помощи пострадавшим, ликвидация аварий. Порядок организации работ, их виды, объем, приемы и способы проведения зависят от обстановки, сложившейся после аварии, степени повреждения или разрушения зданий и сооружений, технологического оборудования и агрегатов, характера повреждений на коммунально-энергетических сетях и пожаров, особенностей застройки территории объекта, жилого сектора и других условий.

Специфика спасательных работ состоит в том, что они должны выполняться в сжатые сроки. Для конкретных условий они определяются различными обстоятельствами. В одном случае – это спасение людей, оказавшихся под обломками конструкций зданий, среди поврежденного технологического оборудования, в заваленных подвалах. В другом – это необходимость ограничить развитие аварии, чтобы предупредить возможное наступление катастрофических последствий, возникновение новых очагов пожаров, взрывов, разрушений. В третьем – быстрое восстановление нарушенных коммунально-энергетических сетей (электричество, газ, тепло, канализация, водопровод).

СиДНР включают в себя: 1) ведение разведки маршрутов выдвижения формирований и участков (объектов) работ; 2) локализацию и тушение пожаров на участках (объектах) работ и путях выдвижения к ним; 3) розыск пораженных, извлечение их из поврежденных и горящих зданий, завалов, загореванных, затопленных и задымленных помещений; 4) вскрытие разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений и спасение находящихся в них людей; 5) подачу воздуха в заваленные защитные сооружения; 6) оказание первой медицинской и первой врачебной помощи пораженным и эвакуация их в лечебные учреждения; 7) вывод (вывоз) населения из опасных мест в безопасные районы; 8) санитарную обработку людей и обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, продовольствия, воды..

В *основу организации аварийно-спасательных работ* положен: 1) дифференцированный подход в зависимости от обстановки, 2) двухэтапная система лечебно-эвакуационного обеспечения: первая медицинская и первая врачебная помощь, оказываемая непосредственно в зоне бедствия, а также специализированная помощь и стационарное лечение за пределами района аварии (в лечебных учреждениях). Для эвакуации пострадавших установлены определенные правила. В первую очередь на транспорт грузят тяжелопораженных, а затем пораженных средней тяжести, которые могут ехать сидя, последними – легкопораженных. Основное требование к организации первой медицинской помощи – оказывать ее максимальному числу пострадавших в минимально короткие сроки и осуществить их эвакуацию в лечебные учреждения.



*Работа в зоне разрушений.* При возникновении производственной аварии немедленно проводится оповещение рабочих и служащих предприятия об опасности. Если на предприятии во время аварии произошла утечка (выброс) сильнодействующих ядовитых веществ, то оповещается также и население, проживающее в непосредственной близости от объекта и в направлениях возможного распространения ядовитых газов.

Запрещается без надобности заходить в разрушенные дома, передвигаться по завалам, оставаться вблизи зданий, угрожающих обрушением. Во время осмотра внутренних помещений нельзя пользоваться открытым огнем. Если чувствуется запах газа, то надо немедленно открыть все окна и двери и сообщить об утечке газа руководителю работ. Последовательность, приемы и способы выполнения АСидНР зависят от характера разрушений зданий и сооружений, аварий коммунальных, энергетических и технологических сетей, степени радиоактивного и химического загрязнения территории объекта полиграфии, пожаров и других условий, влияющих на действия формирований.

В первую очередь проводят работы по устройству проездов и проходов к разрушенным защитным сооружениям, поврежденным и разрушенным зданиям, где могут находиться люди, а также в местах аварий, препятствующих или затрудняющих проведение спасательных работ. Проезды устраиваются шириной 3–3,5 м для одностороннего и 6–6,5 м для двустороннего движения. При этом при одностороннем движении через каждые 150–200 м делаются разъезды протяженностью 15–20 м. Для устройства проездов (проходов) используются формирования механизации, имеющие автокраны и бульдозеры. Приданные противопожарные формирования выдвигаются к участкам (объектам) работ одновременно с ними и приступают к локализации и тушению пожаров там, где находятся люди (у входов в защитные сооружения на направлениях ввода формирований, на путях эвакуации пораженных).

Спасением людей, оказавшихся в разрушенных и заваленных убежищах, из-под завалов, поврежденных и горящих зданий, занимаются, как правило, воинские части и формирования ГО. Но к этой работе привлекается также и все трудоспособное население.

Поиск и спасение людей начинают сразу после ввода спасательных групп на участок (объект) работ по данным разведки. Личный состав формирований разыскивает убежища и укрытия, устанавливает связь с укрывающимися в защитных сооружениях, используя сохранившиеся средства связи, воздухозаборные отверстия, а также путем перестукивания через двери, стены, трубы водоснабжения и отопления. В первую очередь в убежище подается воздух, для чего расчищают воздухозаборные оголовки, а при необходимости проделывают отверстие в стене или перекрытии защитных сооружений ГО (ЗСГО) для подачи воздуха компрессорной станцией.

При вскрытии убежища используют различные способы в зависимости от его конструкции и характера завала: разборку завала над основным входом с последующим открыванием двери или вырезкой в ней отверстия; откапывание оголовка или люка аварийного выхода; устройство проемов в стенах убежища из подземной галереи; пробивка проема в стене убежища из соседнего примыкающего к нему помещения; разборка завала над перекрытием убежища с последующей пробивкой в нем проема для вывода людей и др.

При *поиске людей в очаге поражения* обследуют различные подвальные помещения (не приспособленные для укрытия), дорожные сооружения (трубы, кюветы), наружные оконные и лестничные проемы, околостенные пространства нижних этажей зданий. Разыскивать людей рекомендуется путем оклика.

При *разборке завала* надо действовать осторожно, стараясь освободить голову и грудь пострадавшего. Вынос пораженных людей через устроенный проход может осуществляться различными способами: на руках, плащах, брезенте, пленке, одеяле, волоком, с помощью носилок и др. Людям оказывают первую медицинскую помощь и сосредотачивают в безопасных районах.

Основной способ локализации аварий и повреждений на коммунально-энергетических и технологических сетях - отключение разрушенных участков и стояков в зданиях (используя задвижки в сохранившихся смотровых колодцах и запорные вентили в подвалах).

При восстановлении водоснабжения для целей тушения пожаров используют запасные и водонапорные резервуары, восстанавливают насосные станции и скважины.

При повреждении системы теплоснабжения внутри зданий и угрозе поражения людей горячей водой, паром или горячим воздухом отключают ее от внешней сети задвижками на вводах в здание или производят ремонт или замену трубопроводов.

Устранение аварий на газовых сетях осуществляют отключением отдельных участков на газораспределительных и газгольдерных станциях, а также с помощью запорных устройств и специальных клиновых задвижек или гидрозатворов (за пределами зданий). Газовые трубы (срезы или разрывы) низкого давления заделывают пробками и обмазывают сырой глиной или обматывают листовой резиной. Трещины на трубах обматывают плотным (брезентовым) бинтом или листовой резиной с накладкой хомутов. При воспламенении газа снижается его давление в сети и пламя гасится песком, землей и глиной. Все работы по устранению газовых аварий проводят в изолирующих противогазах и с использованием взрывобезопасных ламп.

Аварии на электросетях устраняют только после их обесточивания (отключением рубильников на вводах в здания, разъединением предохранителей, перерезанием проводов подводящей сети). При ведении электроработ участков сети заземляют с двух сторон.

Аварии на канализационных сетях устраняют отключением поврежденных участков и отводом сточных вод.

Неотложные работы в случае разрушения технологических трубопроводов производят с целью предотвращения взрывов и пожаров (путем отключения насосов, поддерживающих давление, перекрытия трубопроводов).

При выполнении аварийно-спасательных работ в условиях пожара необходимо иметь навыки использования подручных средств тушения пожаров, в том числе воды, песка или земли, огнетушителей и т.д. Воду нельзя использовать для тушения веществ, вступающих с ней в бурную химическую реакцию (металлический натрий, калий, магний, карбид кальция и т.д.), а также не обесточенных проводов и электроприборов. Сырой песок обладает токопроводящими свойствами, поэтому его нельзя использовать при тушении предметов, находящихся под напряжением. Пенные огнетушители предназначены для ликвидации загорания различных материалов и веществ, в том числе и легковоспламеняющихся жидкостей, однако ими нельзя тушить электроустановки и провода, находящиеся под напряжением, а также щелочные материалы. Углекислотные огнетушители используются для тушения любых загораний, в том числе при воспламенении электросетей и установок, находящихся под напряжением не более 380 В. При выполнении аварийно-спасательных работ в зоне пожара, в непригодной для дыхания среде, спасатели должны применять изолирующие противогазы. В помещениях (на участках), где применяются или могут выделяться (при тушении пожаров или ликвидации аварий) аварийные химически опасные вещества, работа осуществляется только в специальных защитных комплектах типа К-1, изолирующих (фильтрующих, применяемых для рабочих и служащих данного объекта) противогазах и специальной резиновой обуви. Для снижения концентрации паров газов необходимо орошать объемы помещений (участков) распыленной водой. Защита спасателей и техники, работающих на участках сильной тепловой радиации, обеспечивается водяными завесами (экранами), создаваемыми с помощью распылителей турбинного (НРТ) или веерного (РВ-12) типа, а индивидуальная – стволами-распылителями. Не допускается использование для работ непосредственно у зоны пожара (на позициях ствольщиков) и в задымленных помещениях спасателей, прибывших к месту пожара без боевой одежды и снаряжения. При тушении пожара (ликвидации аварий и т.д.) каждый работающий обязан следить за изменением обстановки, поведением строительных конструкций, состоянием технологического оборудования и в случае возникновения опасности немедленно предупредить всех работающих на опасном участке. Запрещается при тушении пожара использовать грузовые и пассажирские лифты. В необходимых случаях и при непосредственном контроле со стороны администрации принимаются меры к прекращению истечения газов и паров (закрывать задвижки на питающих линиях, пустить газ на факел и т.д.) и обеспечивается охлаждение производственного оборудования и конструкций здания (сооружения), расположенного в зоне воздействия пламени. Лица, принимающие участие в тушении пожаров, обязаны знать виды и типы веществ и материалов, при тушении которых опасно применять воду или другие огнетушащие средства. При работе



на высоте следует применять страхующие приспособления, исключающие возможность падения.

При аварийно-спасательных работах и тушении пожара на складе ядохимикатов (химреактивов, минеральных удобрений) руководитель тушения пожара обязан выяснить у администрации объекта характер хранящихся веществ (материалов) и места (секции) их хранения, наметить мероприятия по обеспечению безопасности людей, привлекаемых к работе на пожаре. При этом: все спасатели должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения; приближаться к месту пожара необходимо с наветренной стороны. В целях безопасного ведения работ по тушению пожаров на объекте, пользующем (хранящем) радиоактивные вещества, руководитель пожарной службы обязан совместно с администрацией этого объекта заранее разработать инструкцию о порядке организации ведения работ по тушению пожара зданиях и помещениях, имеющих радиоактивные вещества.

При тушении пожара на объекте, где используются радиоактивные вещества, обеспечение спасателей средствами защиты от излучения, приборами дозиметрического контроля, средствами индивидуальной санитарной обработки людей и дезактивации техники возлагается на администрацию объекта.

АСиДНР в зоне радиоактивного загрязнения – это первоочередные работы по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне радиоактивного заражения, локализации и подавлению или доведению до минимума уровня радиоактивного заражения. Проводят ликвидацию (локализацию) радиоактивного загрязнения и снижение (прекращение) миграции первичного загрязнения. Обеспечение безопасности населения и сил, используемых при проведении АСДНР; разведка территории; поиск и спасение пострадавших; оказание пострадавшим первой медицинской помощи; эвакуация пораженных из зоны радиоактивного загрязнения; сбор, транспортирование и захоронение радиоактивных отходов; дезактивация техники, зданий, промышленных объектов, одежды, людей и т.д.

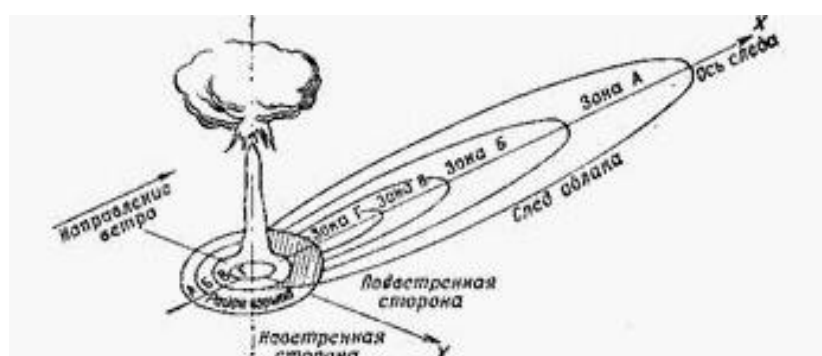


Рис. 4.2.1. Зона радиоактивного загрязнения

Разборка завала, образовавшегося в результате разрушения ядерного реактора АЭС выполняют с применением инженерной машины разграждения (ИМР), имеющей коэффициент ослабления радиоактивных излучений не менее 2000. При этом выполняются следующие операции: разборка завала ин-

женерной машиной разграждения с одновременной загрузкой радиоактивно загрязненных элементов завала в металлические контейнеры; загрузка металлических контейнеров в автосамосвал; транспортировка контейнеров в район захоронения (к могильнику).

Для захоронения радиоактивных материалов (обломков) и грунта возводятся специальные могильники, как правило, котлованного типа, полностью или частично заглубленные в грунт. При высоком уровне грунтовых вод (1,5–2 м) допускается возведение могильников с возвышающимися стенами, насыпанными из грунта, камня, бетона, бутовой кладки или других материалов, обеспечивающих требования радиационной безопасности. Могильники могут размещаться в заброшенных штольнях горных выработок, карьерах, находящихся в пределах опасной (санитарной) зоны на удалении 3–10 км от промплощадки радиационно опасного объекта.

Для засыпки котлована, заполненного радиоактивными материалами и грунтом до установленной отметки, используется грунт, ранее вынутый из котлована. Толщина засыпки принимается по проекту, но не менее 1 м. После уплотнения грунта и планировки насыпи, с целью придания ей уклона для стока дождевых и талых вод, поверхность могильника засыпается чистым растительным грунтом и засеивается травой или производится посадка кустарников. Вокруг могильника отрывается нагорная канавка для отвода поверхностных вод в специальные водосборники или запруды.

Очистка территории и дорог от радиоактивных частиц включает удаление радиоактивных веществ с открытой поверхности земли, дорог, сельскохозяйственных угодий, зданий и сооружений различного назначения. Происходит снижение уровня загрязнения до безопасных значений, установленных нормами для людей, сельскохозяйственных и домашних животных, а также предотвращение образования вторичных радиоактивных загрязнений территории, водоемов и приземного слоя воздуха.

В зависимости от характера источников радиоактивного загрязнения, метеорологических и других условий выпадения радиоактивных веществ, размеры зон загрязнения могут быть локальными и массовыми. Локальные (объектовые) зоны загрязнения возникают при аварийных ситуациях на радиационно опасных объектах и распространяются, как правило, в пределах территории (площади) объекта. Образование массовых (масштабных) загрязнений связано, в основном, со взрывами ядерных боеприпасов, тепловыми взрывами на реакторах АЭС, хранилищах высокоактивных отходов с выбросом радиоактивных частиц в атмосферу и распространением их по ветру.

При локальных загрязнениях очистка территории предусматривается в пределах всей или большей части зоны загрязнения. При этом остаточные или допустимые загрязнения (мощности доз) не должны превышать фонового уровня. При массовых (масштабных) загрязнениях очищаются отдельные участки местности, на которых предполагается размещение людей, техники, складов продовольствия и материальных ресурсов, посевов сельскохозяйственных культур, а также населенные пункты и лесные массивы с высокими степенями загрязнения и др. объекты.

Спасательные работы в очагах химического поражения включают: 1) ведение химической и медицинской разведки; 2) проведение профилактических мероприятий, само- и взаимопомощи; 3) розыск и выявление пораженных людей, оказание им первой медицинской помощи и эвакуацию в лечебные учреждения; 4) эвакуацию непораженного населения из очагов; 5) санитарную обработку людей, дегазацию одежды и обуви, средств защиты, местности, сооружений, техники и транспорта; 6) выявление загрязненного продовольствия, источников воды и обеззараживание продуктов питания и фуража.

Специфические особенности ведения спасательных работ в очагах химического поражения обуславливаются высокой токсичностью аварийно химически опасных веществ (АХОВ), скоротечностью развития отравления, ограниченностью срока, в течение которого должна быть оказана первая медицинская помощь пострадавшим.

В связи с этим, эффективность спасательных работ во многом зависит от умелого сочетания мероприятий по само- и взаимопомощи с быстрым оказанием помощи медицинскими работниками и последующей срочной эвакуацией пораженных за границы очага химического поражения.

Само- и взаимопомощь заключается в 1) надевании противогаза на пораженного, 2) введении антидота, 3) обработке кожи дегазирующим веществом. Все это должно быть сделано немедленно, поскольку введение антидота, как и дегазация АХОВ на коже, эффективны только в первые минуты после появления признаков поражения людей. Эффективность оказываемой в последующем первой медицинской помощи в значительной степени будет зависеть от того, в какой мере пострадавший человек воспользовался средствами защиты в порядке само- и взаимопомощи. Кроме того, специфика процесса и содержания первой медицинской помощи зависит от типа АХОВ.

Своевременное обнаружение химического загрязнения и определение типа АХОВ осуществляется учреждениями сети наблюдения и лабораторного контроля (СНЛК), а также постами радиационного и химического наблюдения.

Для проведения спасательных работ привлекаются подразделения химической защиты воинских частей ГО, специальные отряды (команды, группы) противорадиационной и противохимической защиты объектов экономики, медицинские формирования, а также другие специально подготовленные и оснащенные подразделения и формирования.

Личный состав сил, вводимых в очаг химического поражения, обеспечивается средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, антидотами, индивидуальными противохимическими пакетами. Первыми в очаг поражения для оказания помощи пораженным вводятся медицинские подразделения воинских частей и подразделения медицины катастроф, а также подразделения химической защиты и формирования противорадиационной и противохимической защиты. Основные усилия этих сил направляются на оказание немедленной медицинской помощи пораженным и их эвакуацию на незараженную местность, а также на проведение дегазации территории, сооружений и техники.

В первую очередь эвакуации подлежат лица, находящиеся без средств защиты органов дыхания. Затем эвакуируют людей, имеющих противогазы и уже получивших первую медицинскую помощь. В последнюю очередь эвакуируют лиц, укрытых в убежищах с фильтровентиляционными установками. Тяжело пораженных людей эвакуируют в сопровождении медицинского персонала. Не исключено, что при эвакуации в лечебные учреждения значительное число пораженных людей будет нуждаться в экстренной помощи. Поэтому сопровождающий персонал должен иметь необходимые средства для оказания неотложной медицинской помощи в пути следования.

Особенности проведения спасательных работ во вторичных очагах химического поражения заключаются в том, что тип АХОВ, которое может образовать очаг, его поражающие свойства, меры защиты и помощи известны заранее (рис. 4.2.2).

Масштабы поражения также можно рассчитать заблаговременно и предусмотреть объем работ, силы и средства, которые нужно привлечь для ликвидации очага. В ходе спасательных работ во вторичном очаге поражения основные усилия направляются на локализацию источников АХОВ и предотвращение его последующего поступления на местность и в воздух. Локализация, подавление или снижение до минимального уровня воздействия возникших при авариях на химически опасных объектах поражающих факторов осуществляют следующими способами: прекращением выбросов АХОВ путем перекрытия задвижек с отключением поврежденной части технологического оборудования; постановкой жидкостных завес (водяных или нейтрализующих растворов); обвалованием пролива АХОВ; откачкой (сбором) пролившегося АХОВ в резервные емкости; разбавлением пролива АХОВ водой и нейтрализующими растворами; засыпкой пролива сыпучими твердыми сорбентами; выжиганием пролива и т.д.

Подразделения химической защиты и формирования противорадиационной и противохимической защиты в период проведения спасательных работ в очагах химического поражения дегазируют участки местности и дорог, здания и сооружения, проводят санитарную обработку личного состава воинских частей, рабочих и служащих и населения, обеззараживают их средства защиты и одежду.

Для санитарной обработки рабочих и служащих и населения, эвакуируемого из очага химического поражения, и дегазации транспортных средств вблизи маршрутов эвакуации вне очага поражения подразделения химической защиты частей ГО развертывают пункты специальной обработки. Для этой же цели используются санитарные обмывочные пункты и станции обеззараживания транспорта объектов народного хозяйства, находящихся на незараженной территории. В летнее, теплое время года санитарная обработка насе-



Рис. 4.2.2. Аварийно-спасательные работы в очаге химического поражения

ления может проводиться у незараженных открытых водоемов. Санитарная обработка пораженных людей проводится в процессе оказания им медицинской помощи в медицинских учреждениях. Зараженные одежда, средства индивидуальной защиты направляются для дегазации на станции обеззараживания одежды или пункты специальной обработки.

Продукты питания на складах, предприятиях пищевой промышленности, в торговой сети, источники воды, находящиеся на территории очагов химического поражения, тщательно обследуются, берутся пробы продуктов питания, воды и фуража и направляются в химические лаборатории для анализа и проведения экспертизы. По результатам экспертизы принимается решение о возможности их использования, необходимости дегазации или уничтожения. Продовольствие, подлежащее дегазации (находящееся в бочках, стеклянной таре, плотной укупорке), дегазируется специалистами соответствующих объектов. Проведение контроля продовольствия и источников воды, находящихся на зараженной местности, возлагается на медицинскую учреждения, а фуража – на ветеринарные учреждения.

*Ликвидация очага бактериологического поражения* включает: 1) ведение бактериологической разведки и индикацию бактериальных средств; 2) установление карантинного режима или обсервации; 3) санитарную экспертизу, контроль зараженности продовольствия, пищевого сырья, воды и фуража, их обеззараживание; 4) проведение противоэпидемических, санитарно-гигиенических, специальных профилактических, лечебно-эвакуационных, противоэпизоотических, ветеринарно-санитарных мероприятий, а также санитарно-разъяснительной работы.

Личный состав формирований вводится в очаг поражения в средствах индивидуальной защиты и только после проведения экстренной профилактики.

В случае применения противником бактериологического оружия или при возникновении инфекционных болезней среди людей и сельскохозяйственных животных, по распоряжению старшего начальника в очаге поражения устанавливается карантин, а в прилегающих районах вводится режим обсервации. В зоне карантина до определения вида примененного возбудителя проводятся мероприятия, как при режиме защиты от особо опасных инфекционных болезней. Командир и орган управления формирования по указанию старших начальников осуществляют 1) строгий контроль за входом (въездом) в очаг поражения и выходом (выездом) из него; 2) контроль соблюдения противоэпидемического режима на территории карантина, охрана инфекционных больниц, изоляторов, обсерваторов и источников водоснабжения; 3) запрещение вывоза из очага поражения любого имущества, продуктов питания, промышленной и сельскохозяйственной продукции без обеззараживания; 4) запрещение транзитного проезда через очаг поражения автомобильного транспорта и ограничение проезда железнодорожного и речного транспорта; 5) разобщение людей в очаге поражения на мелкие группы и не допущение контактов между ними; 6) запрещение перемещения и выпаса сельскохозяйственных животных; 7) контроль выполнения личным составом формирований и населением установленных правил карантина.

После введения обсервации командир и орган управления формирования обеспечивают: 1) ограничение въезда, выезда и транзитного проезда всех видов транспорта; 2) усиленное медицинское и ветеринарное наблюдение за очагом поражения; 3) проведение противоэпидемических, санитарно-гигиенических, специальных профилактических, лечебно-эвакуационных и противоэпизоотических мероприятий, направленных на предупреждение распространения и ликвидацию инфекционных болезней.

При организации и проведении мероприятий по ликвидации очага бактериологического поражения учитывается: 1) способность бактериальных средств вызывать массовые инфекционные болезни, которые могут распространяться среди людей и животных; 2) способность некоторых микробов и токсинов сохраняться длительное время во внешней среде; 3) наличие и продолжительность инкубационного (скрытого) периода проявления болезней; 4) сложность лабораторного обнаружения примененного противником возбудителя и длительность определения его вида; 5) опасность заражения личного состава формирования и необходимость применения средств индивидуальной защиты. Проводят оповещение личного состава формирования и выполняют мероприятия, предусмотренные на случай бактериологического заражения и установленные при введении карантина, организуют работу формирования в режиме, обеспечивающем защиту личного состава от инфекционных болезней. Особое внимание обращают на необходимость проведения экстренной профилактики и иммунизации населения (рабочих и служащих объекта), на выявление больных и подозреваемых на заболевание, их изоляцию и госпитализацию, а также на дезинфекцию территории и соблюдение мер по обеспечению защиты личного состава от инфекционных болезней. Организуется непрерывный контроль за ходом выполнения противоэпидемических и других мероприятий.

Для проведения мероприятий по ликвидации очага поражения привлекаются в первую очередь силы и средства, оказавшиеся на территории очага. При недостатке этих сил и средств привлекаются медицинские формирования, формирования защиты сельскохозяйственных животных, охраны общественного порядка и другие, находящиеся за пределами очага. В очаге поражения, проводят общую и специальную экстренную профилактику и другие противоэпидемические мероприятия. Непосредственное руководство проведением в формировании противоэпидемических, санитарно-гигиенических и специальных профилактических мероприятий осуществляет врач (фельдшер) формирования.

*В зонах эпидемий работу выполняют медицинские учреждения в тесном взаимодействии с медицинскими силами, оказавшимися в очаге, в т.ч. с санитарно-эпидемическими станциями, ветеринарными лабораториями, подвижными противоэпидемическими отрядами. При возникновении эпидемий проводят: 1) экстренные мероприятия по защите населения, предупреждению распространения инфекционных заболеваний и ликвидации эпидемий; 2) определяют вид возбудителя болезни, границы обсервации, карантина, зоны эпидемии; 3) выявляют среди населения, изолируют и госпитализируют*

больных; 4) устанавливают противэпидемический режим; 5) санитарную обработку людей.

*Ликвидация последствий стихийных бедствий* включает следующие работы: 1) разведку маршрутов движения формирований ГО и участков работ; 2) локализацию и тушение пожаров; 3) розыск пораженных и горящих зданий, загазованных и задымлённых помещений; 4) вскрытие разрушенных, повреждённых защитных сооружений и спасение людей; 5) подачу воздуха в повреждённые и заваленные ЗС; 6) оказание первой медицинской помощи пораженным и эвакуацию их в лечебные учреждения; 7) вывод населения из зон ЧС; 8) санитарную обработку людей; 9) дезинсекцию (процесс уничтожения насекомых, сельско-хозяйственных вредителей, осуществляемый физическими, химическими и биологическими способами), дезинфекцию (процесс уничтожения и удаления возбудителей инфекционных болезней человека и животных во внешней среде).

Зоны чрезвычайных экологических ситуаций и экологических бедствий – территории, где в результате хозяйственной или иной деятельности произошли устойчивые отрицательные изменения окружающей среды. Они характеризуются существенными негативными изменениями состояния окружающей природной среды под влиянием антропогенных и природных воздействий, в том числе обусловленных бедствиями и катастрофами, включая стихийные, сопровождаемые социальными и экономическими потерями.

Зонами экологического бедствия объявляются участки территории Беларуси, где в результате хозяйственной и иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны.

Стихийные экологические бедствия человек не может предотвратить. Но он заинтересован и способен, во-первых, в известной мере предугадать их и, во-вторых, принять меры к тому, чтобы минимизировать их отрицательные последствия для себя и окружающей среды. Человек может обезопасить не только себя, но при определенных обстоятельствах и предотвратить существенный ущерб природе. Наиболее потенциально эффективной мерой может служить учет естественных факторов при проектировании и развитии городов, определении мест размещения опасных производственных и иных объектов. На этой территории прекращается деятельность хозяйственных объектов, кроме связанных с обслуживанием проживающего на территории зоны населения, запрещается строительство, реконструкция новых хозяйственных объектов, существенно ограничиваются все виды природопользования, принимаются оперативные меры по восстановлению и воспроизводству природных ресурсов и оздоровлению окружающей природной среды.

*Поведение во время гололеда (гололедицы):* 1) подготовьте мало скользящую обувь, 2) прикрепите на каблуки металлические набойки или поролон, 3) на сухую подошву наклейте лейкопластырь или изоляционную ленту, 4) можете натереть подошвы песком (наждачной бумагой), 5) передвигайтесь

осторожно, не торопясь, наступая на всю подошву. При этом ноги должны быть слегка расслаблены, руки свободны. Рекомендуется использовать трость с резиновым наконечником или специальную палку с заостренными шипами, б) если Вы поскользнулись, присядьте, чтобы снизить высоту падения. В момент падения постарайтесь сгруппироваться, и, перекатившись, смягчить удар о землю.

*Поведение при наводнении.* Изучите и запомните границы возможного затопления, а также возвышенные, редко затапливаемые места, расположенные в непосредственной близости от мест проживания, кратчайшие пути движения к ним. Ознакомьте членов семьи с правилами поведения при организованной и индивидуальной эвакуации, а также в случае внезапно и бурно развивающегося наводнения. Запомните места хранения лодок, плотов и строительных материалов для их изготовления. Заранее составьте перечень документов, имущества и медикаментов, вывозимых при эвакуации. Уложите в специальный чемодан или рюкзак ценности, необходимые теплые вещи, запас продуктов, воды и медикаменты.

*Действия во время наводнения:* 1) По сигналу оповещения об угрозе наводнения и об эвакуации безотлагательно, в установленном порядке выходите (выезжайте) из опасной зоны возможного катастрофического затопления в назначенный безопасный район или на возвышенные участки местности, захватив с собой документы, ценности, необходимые вещи и двухсуточный запас непортящихся продуктов питания. В конечном пункте эвакуации зарегистрируйтесь. 2) Перед уходом из дома выключите электричество и газ, погасите огонь в отопительных печах, закрепите все плавучие предметы, находящиеся вне зданий, или разместите их в подсобных помещениях. Если позволяет время, ценные домашние вещи переместите на верхние этажи или на чердак жилого дома. Закройте окна и двери, при необходимости и наличии времени забейте снаружи досками (щитами) окна и двери первых этажей. 3) При отсутствии организованной эвакуации, до прибытия помощи или спада воды, находитесь на верхних этажах и крышах зданий, на деревьях или других возвышающихся предметах. При этом постоянно подавайте сигнал бедствия: днем – вывешиванием или размахиванием хорошо видимым полотнищем, подбитым к древку, а в темное время – световым сигналом и периодически голосом. При подходе спасателей спокойно, без паники и суеты, с соблюдением мер предосторожности, переходите в плавательное средство. 4) Неукоснительно соблюдайте требования спасателей, не допускайте перегрузки плавсредств. Во время движения не покидайте установленных мест, не садитесь на борта, строго выполняйте требования экипажа. 5) Самостоятельно выбираться из затопленного района рекомендуется только при наличии таких серьезных причин, как необходимость оказания медицинской помощи пострадавшим, продолжающийся подъем уровня воды при угрозе затопления верхних этажей (чердака). При этом необходимо иметь надежное плавательное средство и знать направление движения. В ходе самостоятельного выдвижения не прекращайте подавать сигнал бедствия. Оказывайте помощь людям, плывущим в воде и утопающим.



*Если тонет человек:* бросьте тонущему человеку плавающий предмет, ободрите его, позовите помощь. Добираясь до пострадавшего вплавь учтите течение реки. Если тонущий не контролирует свои действия, подплывите к нему сзади и, захватив его за волосы, буксируйте к берегу.

*После наводнения:* 1) Перед тем, как войти в здание проверьте, не угрожает ли оно обрушением или падением какого-либо предмета. 2) Проветрите здание (для удаления накопившихся газов). 3) Не включайте электроосвещение, не пользуйтесь источниками открытого огня, не зажигайте спичек до полного проветривания помещения и проверки исправности системы газоснабжения. 4) Проверьте исправность электропроводки, трубопроводов газоснабжения, водопровода и канализации. Не пользуйтесь ими до тех пор, пока не убедитесь в их исправности с помощью специалистов. 5) Для просушивания помещений откройте все двери и окна, уберите грязь с пола и стен, откачайте воду из подвалов. 6) Не употребляйте пищевые продукты, которые были в контакте с водой. 7) Организуйте очистку колодцев от нанесенной грязи и удалите из них воду.

*Правила поведения во время бури, урагана, смерча.* А. Если Вы оказались дома, то необходимо 1) с наветренной стороны дома или квартиры плотно закрыть окна, двери, чердачные или вентиляционные отверстия, в сельской местности – ставнями или щитами защитить окна; 2) двери и окна – открыть и закрепить в этом положении с подветренной стороны чтобы уравнивать внутреннее и внешнее давление, 3) стёкла – оклеить полосками бумаги или ткани; 4) убрать с балконов и подоконников вещи, которые могут быть захвачены воздушным потоком; 5) предметы, находящиеся во дворе – занести в помещения или закрепить; 6) подготовить к возможной эвакуации запас воды, продуктов питания, медикаментов, фонарик, приёмник на батарейках, переносную электроплиту, документы и деньги; 7) погасить огонь в печке, закрыть газовые краны, подготовиться к выключению электросети; 8) оставить включенным радиоприёмник, телевизор, радиоточку для получения важной информации; 9) перед уходом в убежище, подвал и др. выключите радиоприёмник, телевизор, электричество, возьмите с собой подготовленные вещи.

*Нельзя сразу выходить на улицу* после стихания ветра. Он может вновь повториться. Если станет ясно, что ураган закончился – ведите себя осторожно, остерегайтесь оборванных проводов, они могут быть под напряжением, спички не зажигайте – может произойти взрыв из-за утечки газа и др.

Б. Если Вы оказались *на улице вблизи* непрочных зданий – укройтесь в подвале ближайших зданий, либо подъезде под лестничной клеткой в убежище. *Остерегайтесь* порванных электропроводов, высоких заборов, ломающихся деревьев.

В. При поездке в *автомобиле* – остановитесь, лучше съехать в кювет, не останавливайтесь под деревьями, возле непрочных, строений, из машины не выходите.

*Правила поведения во время аварии на химически опасных объектах.* А. Получив информацию о выбросе в атмосферу АХОВ и об опасности химического загрязнения, необходимо надеть средство индивидуальной защиты ор-

ганов дыхания, простейшие средства защиты кожи (плащи, накидки) и покинуть район аварии.

Б. Если остаетесь в помещении, в который поступает неизвестный газ, необходимо 1) закрыть окна, двери, форточки; 2) намочить ткань водой и дышать через неё; 3) включить радиоточку или радиоприёмник на местную волну; 4) при отсутствии информации – позвонить в «Службу спасения» 101; 5) включить на 10–15 мин. все электронагревательные приборы и газ для создания избыточного давления воздуха в квартире – такой приём снижает в 2–3 раза поступление ядовитого газа через щели в окнах и дверях. Провести герметизацию помещения в следующей последовательности: 1) закрыть дымоходы и вентиляционные отверстия, начиная с наветренной стороны; 2) закрыть крупные щели в окнах сырыми тряпками или заклеить бумагой, плёнкой; 3) загерметизировать окна мокрой простыней; 4) закрыть плотными одеялами дверь в коридор. Затем надо укрыться в помещении с минимальным воздухообменом (кладовка, ванная комната с подветренной стороны).

В. Если по радио поступило предложение об эвакуации, то из дома надо выходить в противогазе, либо с маской из ткани, смоченной водой. На сборный пункт следует идти по маршруту, рекомендованным по радио, либо в направлении, перпендикулярным направлению ветра, желательно – по возвышенной, хорошо проветриваемой местности.

*Правила поведения во время пожара и взрыва на объектах.* Взрывы и пожары на объектах хозяйствования, в жилых массивах приводят к поражению людей, разрушениям и пожарам. До прибытия спасателей и пожарных подразделений МЧС граждане обязаны приступить к спасению людей, оказавшихся в завалах, в загазованных и задымленных помещениях, получивших ранения и травмы от осколков разрушающихся зданий и техники, получивших ожоги и отравления. *Завал разбирают* вручную, последовательно освобождая от обломков голову, туловище, ноги. После чего пострадавшему оказывают первую медицинскую помощь, в зависимости от состояния пострадавшего. *При поиске пострадавших в горящих, загазованных и задымленных помещениях*, при отсутствии изолирующих противогазов, обязательно рот и нос закрыть повязкой, смоченной в воде, соблюдать правила тушения пожаров.

Правила поведения в условиях терроризма: 1) Контролируйте ситуацию вокруг себя, особенно в людных местах. Обращайте внимание на забытые сумки, портфели, пакеты и коробки. Сообщите о таком пакете, сумке или коробке охраннику ближайшей вахты. При этом обнаруженные вещи нельзя пинать, разбирать, открывать. Отойдите от них! Они могут взорваться! 2) Соблюдайте простое правило – не брать чужое. Детям нужно объяснить, что нельзя подбирать на улице игрушки, какие бы заманчивые они ни были. Люди часто теряют мобильные телефоны, не поднимайте их, не берите! 3) Не спешите присоединиться к толпе зевак, ведь после одного взрыва может прогреметь и второй, или случиться еще что-то опасное. 4) Если поведение какого-то человека показалось вам подозрительным, сообщите об этом охраннику. Не нужно подходить к этому человеку и пристально вглядываться, терро-

рист он или нет. Нельзя также показывать на него, объясняя сотруднику охраны свои подозрения и требовать от него немедленных действий. Террорист, почувствовав, что его «опознали», может начать действовать. 5) Если вас взяли в заложники, первое правило – не поддаваться панике, вести себя спокойно. От людей с непрогнозируемым поведением террористы постараются избавиться в первую очередь. Не забывайте и о втором правиле – ведите себя достойно. Террористы следят за поведением заложников и, если они не раздражают их своим поведением, то совершить какие-то действия в отношении этих людей им психологически сложнее. 6) Не привлекайте к себе внимание слезами или причитаниями, пренебрежительно или агрессивно разговаривать с террористами. Подчиняйтесь их требованиям, спрашивайте, что можно и что нельзя. Очень важно при этом следить за временем. Если нет часов, хотя бы отслеживайте смену дня и ночи, делайте какие-нибудь заметки, чтобы не терять ощущение реального времени. 7) Постарайтесь отвлечься – читайте стихи, вспоминайте номера телефонов знакомых. При этом незаметно следите за террористами: сколько их, какое оружие, кто главный, когда сменяется охрана. Запоминайте детали и приметы: необычный цвет волос, татуировки и другие. 8) Если вы заметите неподалеку сотрудника спецназа или спасателя, не нужно кричать об этом всем остальным заложникам, иначе операция по спасению может быть сорвана.

*Оказание пострадавшим первой медицинской помощи.* Первая медицинская помощь пострадавшим – это комплекс простейших медицинских мероприятий, выполняемых спасателями, санинструкторами и врачами спасательных подразделений непосредственно на месте получения пострадавшими травм с использованием табельных и подручных средств, а также самими пострадавшими в порядке само- и взаимопомощи. Основная цель первой медицинской помощи – спасение жизни пораженного, устранение продолжающегося воздействия поражающего фактора и подготовка пострадавшего к эвакуации из зоны поражения.

Оптимальный срок оказания первой медицинской помощи – до 30 мин после получения травмы. При остановке дыхания это время сокращается до 5–10 мин.

*Оказание первой медицинской помощи* начинается с определения, в каком состоянии находится пострадавший: 1) жив или мертв. Для этого необходимо: 1) определить, сохранено ли сознание; 2) прощупать пульс на лучевой артерии, а при повреждении верхних конечностей – на бедренных или сонных артериях. Пульс определяют в нижней части предплечья на 2–3 см выше лучезапястного сустава по ладонной поверхности, слегка отступив от ее середины в сторону большого пальца. Если в этом месте проверить пульс невозможно (например, при наличии раны), пульс определить на боковой поверхности шеи, в средней части плеча на его внутренней поверхности, в середине трети бедра с внутренней стороны; 3) установить, дышит ли пострадавший; дыхание, которое у здорового человека осуществляется в виде 16...20 вдохов и выдохов в минуту, у людей, получивших травму, может быть слабым и частым; 4) определить, суживаются ли зрачки на свет, отметить их величину.

При отсутствии пульса, дыхания и сознания, широко, не реагирующем на свет зрачке, констатируется смерть. Если определяются два признака из трех (сознание, пульс, дыхание) при реагирующем на свет зрачке – пострадавший жив, ему оказывается первая помощь.

В первую очередь следует избавиться от давления голову и грудь пострадавшего. До освобождения сдавленных конечностей из-под завала или как можно быстрее после их освобождения на придавленную руку или ногу выше места сдавления необходимо наложить жгут или тугую закрутку. После извлечения пострадавшего из-под обломков необходимо оценить состояние его здоровья.

Если пострадавший находится в крайне тяжелом, бессознательном состоянии, прежде всего, необходимо восстановить проходимость дыхательных путей, очистить рот, глотку от земли, песка, строительного мусора и начать делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Только при наличии у пострадавшего самостоятельного дыхания и пульса можно заниматься другими его повреждениями.

При оказании первой медицинской помощи останавливают кровотечение при повреждении кожи, ранении мягких тканей с помощью давящих повязок или наложением жгута, закрутки из подручных средств, накладывают повязки при ожоге или отморожении, создают неподвижность конечностям при переломах костей, сдавливании тканей, ушибах, согревают обмороженные участки тела до появления красноты, вводят обезболивающие средства, осуществляют другие мероприятия.

#### **4.3 ЛЕКЦИЯ: ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ПОЛОЖЕНИЯ (2 часа)**

**План лекции:** *Особенности защиты населения и объектов в условиях чрезвычайного положения. Правила поведения граждан. Особенности защиты людей, объектов и природной среды в условиях военного положения. ЧС, которые могут возникнуть при применении новых видов оружия. Особенности защиты населения и территорий в этих ЧС.*

*Чрезвычайное положение* – особый правовой режим деятельности органов государственной власти и управления, предприятий, учреждений и организаций, вводимый в стране или отдельных её районах для защиты от внешней или внутренней угрозы, поддержания общественного порядка. Оно допускает ограничения (приостановление) прав и свобод граждан Республики Беларусь, иностранных граждан и лиц без гражданства (далее – граждане), прав организаций, а также возложение на них дополнительных обязанностей. Чрезвычайное положение объявляется государством в ответ на возникновение ЧС, которые несут угрозу существования страны. Чрезвычайное положение имеет два основных компонента: 1) четко определенные рамки законов, которые формируются на конституционной и законодательной базе введения и действия чрезвычайного положения; 2) рамки оперативных мероприятий, с привлечением соответствующих организационных структур и использованием стратегических планов действия при введении чрезвычайного положения. В

Беларуси его введение регламентирует закон Республики Беларусь «О чрезвычайном положении», принятый 24 июня 2002 г. № 117-3.

*Защита населения в условиях чрезвычайного положения* является задачей первостепенной государственной важности и величайшей сложности. Представляет собой комплекс специальных мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей или максимально снизить степень воздействия поражающих факторов. Является составной частью предупредительных мер и мер по ликвидации ЧС, выполняемой как в превентивном (предупредительном), так и оперативном порядке с учетом возможных опасностей и угроз. Основными принципами выполнения этих задач являются: 1) проведение мероприятий по защите населения заблаговременно и на всей территории РБ; 2) комплексное использование всех разработанных в настоящее время способов и средств защиты; 3) дифференцированный подход при определении характера и объема защитных мероприятий; 4) проведение мероприятий по защите населения на основе взаимодействия различных ведомств и организаций; 5) осуществление мероприятий по защите населения под постоянным руководством и с персональной ответственностью со стороны органов исполнительной власти всех уровней и руководителей организаций.

Основными способами защиты населения являются: 1) готовность комиссий по ЧС всех уровней осуществлять свои функции по обеспечению защиты населения и территорий; 2) своевременное оповещение населения; 3) укрытие его в защитных сооружениях; 4) использование населением средств индивидуальной защиты; 5) эвакуация и рассредоточение в безопасную зону; 6) проведение специальных медицинских профилактических мероприятий; 7) обучение населения правилам поведения в ЧС и соблюдение установленных режимов защиты; 8) защита продовольствия, воды, растений и сельскохозяйственных животных от загрязнения радиоактивными и отравляющими веществами, сильнодействующими ядовитыми веществами и бактериальными средствами; 9) мероприятия по инженерной, противопожарной, противорадиационной, противохимической и противобактериологической защите. Защиту населения и хозяйства достигают путем сочетания комплекса основных способов защиты (укрытие, эвакуация, применение СИЗ и медицинские средства защиты).

Режим чрезвычайного положения имеет целью обеспечение защиты прав и свобод граждан, а также конституционного строя Беларуси в условиях, им угрожающих. В силу реальной возможности и достаточной опасности возникновения ЧС, затрагивающей как интересы всего государства, так и отдельного его регионов.

*Правила поведения граждан.* Граждане должны соблюдать комендантского часа, установленные в соответствии с абзацем вторым статьи 13 Закона «О чрезвычайном положении», должны иметь при себе документы, удостоверяющие их личность. При необходимости, разрешать проводить досмотр личных вещей, находящихся при них, и транспортных средств. В случае введения карантина вследствие возникновения угрозы распространения опасных инфекционных заболеваний людей, животных и растений на территории, на

которой введено чрезвычайное положение, граждане, подлежащие выдворению за ее пределы в соответствии с абзацем седьмым статьи 13 Закона, задерживаются на общих основаниях до истечения установленного срока наблюдения за такими гражданами.

*Особенности защиты людей, объектов и природной среды в условиях военного положения.* В период действия военного положения граждане пользуются всеми установленными Конституцией Республики Беларусь правами и свободами, за исключением прав и свобод, ограничение которых установлено Конституцией Республики Беларусь, законом Республики Беларусь «О военном положении» (принят 13 января 2003 г. № 185-З) и другими законами Республики Беларусь. Граждане обязаны: 1) выполнять требования Закона и иных нормативных правовых актов Республики Беларусь по вопросам обеспечения режима военного положения; 2) выполнять требования государственных органов и органов военного управления, местных советов обороны, обеспечивающих режим военного положения, их должностных лиц и оказывать им содействие; 3) являться по вызову в государственные органы и органы военного управления, обеспечивающие режим военного положения; 4) участвовать в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь, в выполнении работ оборонного характера, ликвидации последствий применения оружия, восстановлении поврежденных (разрушенных) объектов экономики, систем жизнеобеспечения и военных объектов, а также в борьбе с пожарами, эпидемиями, эпизоотиями; 5) предоставлять в соответствии с законодательством Республики Беларусь транспортные средства и иное необходимое для нужд обороны имущество, находящееся в их собственности, с последующей выплатой государством стоимости указанного имущества. В условиях военного положения организуются гражданская и территориальная оборона. Гражданская оборона организуется в целях защиты населения и организаций от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий. Территориальная оборона организуется в целях защиты населения, объектов и коммуникаций на территории Беларуси от действий противника, диверсионных или террористических актов, а также введения и поддержания режимов чрезвычайного положения и военного положения. Основные мероприятия, проводимые для защиты населения и объектов экономики страны в указанных условиях, следующие: 1) своевременное оповещение населения об угрозе нападения противника, применения им оружия массового поражения, опасных технологических авариях, стихийных бедствий, информирование о порядке действий в чрезвычайной ситуации; 2) укрытие населения в защитных сооружениях; 3) использование средств индивидуальной защиты; 4) эвакуация, рассредоточение, а также переброс населения в безопасные районы; 5) защита продовольствия, сооружений на системах водоснабжения и водозаборов, сельскохозяйственных животных, фуража и т.д. от загрязнения радиоактивными и сильнодействующими ядовитыми веществами и биологическими средствами; 6) обучение населения способам защиты в ЧС; 7) защита населения на всей территории страны; 8) дифференцированная защита населения с учетом экономических, природных

и иных характеристик, особенностей территории и степени реальной опасности возникновения чрезвычайной ситуации; 9) заблаговременное планирование и проведение защитных мероприятий; 10) необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения.

*ЧС, которые могут возникнуть при применении новых видов оружия.* К новым видам оружия массового поражения относят оружие, основанное на принципиально новых физико-химических явлениях, свойствах и технических принципах: геофизическое (метеорологическое, экологическое), генетическое и этническое, инфразвуковое, лучевое (лазерное, гразерное, пучковое), радиочастотное, радиологическое, космическое и др.

*Геофизическое оружие* представляет собой комплексное воздействие на процессы в литосфере, атмосфере и гидросфере Земли. *Метеорологическое (атмосферное) оружие* – это воздействие на макрофизические процессы в атмосфере с целью изменения локального баланса энергии. Распыляя определенные химические вещества в «теплых» (состоящих из капель воды) и «холодных» (состоящих из кристалликов льда) облаках, можно либо рассеять их, либо вызывать искусственный дождь. Количественно осадки можно увеличивать до 200- 300 мм, что представляет большую опасность для низменных и влажных районов. Засеивая грозное облако йодистым серебром или сбрасывая в облако мельчайшие металлические иголки, можно вызывать молниевые разряды, служащие тактическим оружием для поражения людей. *Экологическое оружие* – это комплекс мероприятий, проводимых в широких масштабах, направленных на нарушение естественных условий жизнедеятельности. Распыление в верхних слоях атмосферы веществ, поглощающих солнечную энергию или тепло Земли, может вызвать резкое локальное охлаждение или нагрев поверхности Земли. Направленными ядерными взрывами в геологических образованиях, на континентальном шельфе, путем обрушения ледников можно вызвать искусственные землетрясения, штормовые приливы (литосферное и гидросферное оружие) и т.д. Особенно опасно использование методов и средств (стратосферные ядерные взрывы, введение в слой озона химических реагентов), уничтожающих озоновый слой планеты (гео-космическое и озонное оружие).

*Генетическое оружие* – это новые формы бактерий, созданных методами генной инженерии. При внедрении в чужой организм эти бактерии выделяют вещества, меняющие структуру генов, вызывая появление новых болезнетворных бактерий. Большую опасность представляет возможность рекомбинации ДНК (ТК-ДНК), которая позволяет неболезнетворную бактерию сделать болезнетворной, имплантировав в нее генетическую информацию болезнетворности или производства токсинов. Разновидностью генетического оружия является этническое оружие, представляющее собой биологические и химические рецептуры, избирательно воздействующие на определенные этнические группы населения. Избирательность обусловлена различием в группе крови, пигментации кожи и т. д. Эффективность генетического оружия оценивается в 25-30 %. Например, кровь группы В обнаружена у амери-

канских индейцев и 40% населения Юго-Восточной Азии. Применение рецептов, воздействующих на людей только этой группы крови, приведет к массовой гибели.

*Инфразвуковым оружием* называются средства массового поражения, основанные на использовании направленного излучения мощных инфразвуковых колебаний с частотой ниже 16 Гц. Такие колебания воздействуют на центральную нервную систему и пищеварительные органы человека, вызывают головную боль, болевые ощущения во внутренних органах, нарушают ритм дыхания. Инфразвуковое излучение также оказывает на человека психотропное действие, вызывает потерю контроля над собой, чувство страха и паники. При определенных уровнях мощности излучения появляются такие симптомы, как головокружение, тошнота, потеря сознания.

Поражающее действие *радиочастотного оружия* основано на использовании электромагнитных излучений сверхвысокой или чрезвычайно низкой частоты. Диапазон сверхвысоких частот находится в пределах от 300 до 30 000 МГц. К чрезвычайно низким относятся частоты менее 10 Гц. Радиоизлучения сверхвысоких и чрезвычайно низких частот способны вызывать повреждения (нарушения функций) жизненно важных органов и систем человека, таких как мозг, сердце, центральная нервная система и система кровообращения. Радиочастотные излучения также воздействуют на психику человека, нарушают восприятие информации об окружающей действительности, вызывают слуховые галлюцинации, синтезируют дезориентирующие речевые сообщения, вводимые непосредственно в сознание человека. Боевые комплексы радиочастотного оружия создают в вариантах наземного (наземные мобильные генераторы), воздушного и космического базирования.

Поражающее действие *радиологического оружия* основано на использовании боевых РВ. Это специально полученные и приготовленные в виде порошков или растворов вещества содержат в своем составе радиоактивные изотопы, обладающие ионизирующим излучением. Такое излучение, воздействуя на ткани организма, приводит к их разрушению, вызывая у человека лучевую болезнь или локальные поражения отдельных частей тела (органов): глаз, кожи и др. Основным источником получения боевых РВ служат отходы, образующиеся при работе ядерных реакторов.

*Лучевое оружие* основано на достижениях современной физики и условно делится на лазерное, гразерное и пучковое. *Лазерное оружие* — это квантовые генераторы, генерирующие когерентное (согласованное) электромагнитное излучение широкого диапазона длин волн, предназначенное для уничтожения живой силы и техники. Поражающее действие мощного лазера заключается в мгновенном повышении температуры облучаемой поверхности, ее перегреве, воспламенении и т. д. Наиболее перспективными считаются мощные лазеры с длиной волны 10,6 мкм. Объясняется это тем, что эта длина волны соответствует «окну прозрачности» атмосферы и это излучение поглощается гемоглобином крови, ферментами нервной системы, молекулами воды в тканях, что увеличивает поражающее действие лучей. Особый интерес специалистов вызывает лазеры в рентгеновской области и области  $\gamma$ -



излучения (гразеры), обладающие большой проникающей способностью в воздухе и материалах. Разновидностью лучевого оружия является пучковое оружие, создающее поток элементарных частиц высокой скорости и большой плотности. Оно может применяться как на земле, так и в космосе, а источником заряженных частиц (электронов, протонов) служат ускорители элементарных частиц. Для повышения «дальнобойности» предполагается наносить не отдельные, а групповые удары по 10-20 импульсов в каждом. Начальные импульсы создают «тоннель», по которому последующие импульсы могут достигать цель, расположенную за 10-15 км. Пучковое оружие космического базирования основано на использовании нейтральных частиц, а дальность поражающего действия достигает сотен километров.

*Особенности защиты населения и территорий в этих ЧС:* 1) создание и поддержание в постоянной готовности к использованию локальных систем оповещения в целях доведения до работников сигналов гражданской обороны; 2) эвакуация работников и членов их семей, материальных и культурных ценностей в безопасные районы; 3) обеспечение работников и членов их семей коллективными и индивидуальными средствами защиты; 4) первоочередное обеспечение пострадавших работников и членов их семей медицинским обслуживанием, включая оказание первой медицинской помощи, и принятие других неотложных мер; 5) повышение защитных свойств помещений от проникновения радиоактивных, отравляющих и аварийно химически опасных веществ; 6) проведение санитарной обработки работников, специальной обработки техники и других неотложных мероприятий; 7) защита продуктов питания, фуража и воды от заражения радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами.

#### 4.4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

##### ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА<sup>84</sup> (4 часа, семинар)

**Цель работы:** закрепить теоретические сведения и научиться оказывать первую медицинскую (неквалифицированная) помощь немедицинского работника пострадавшим при техногенных ЧС.

**4.4.1 Порядок выполнения работы:** 1) Изучить учебно-методические материалы. 2) Быть готовым к обсуждению вопросов, поставленных преподавателем. 3) Заполнить отчёт о выполнении работы. 4) При наличии компьютерной базы для проверки знаний студентов можно также использовать компьютерную программу.

---

<sup>84</sup> Методика, разработанная И.В. Ролевичем, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Комплекс мероприятий по защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях». / ч. 4. Минск: Изд-во БНТУ. 2006 – С. 40–88.

#### 4.4.2 Общие положения

Виды, задачи и объём первой медицинской помощи на месте ЧС – это комплекс экстренных мероприятий по спасению жизни или здоровья пострадавших в результате ЧС на объектах до оказания врачебной помощи. Её цель – предотвратить дальнейшие повреждения во время транспортировки, снять боль и снизить тяжесть возможных осложнений. Различают следующие виды медицинской помощи: *первую медицинскую, доврачебную, первую врачебную, квалифицированную, специализированную.*

*Первую медицинскую помощь на месте происшествия* оказывает в порядке *само- и взаимопомощи* пострадавшие или лица, случайно оказавшимися на месте происшествия. Своевременно и правильно оказанная первая медицинская помощь имеет важное значение для спасения пострадавшего, его дальнейшего лечения и восстановления трудоспособности. Она включает в себя следующие три группы мероприятий: 1. Немедленное прекращение воздействия внешних повреждающих факторов (электрический ток, высокая или низкая температура, сдавливание тяжестями) и удаление пострадавшего из неблагоприятных условий. 2. Оказание первой медицинской помощи пострадавшему в зависимости от характера и вида травмы, несчастного случая или внезапного заболевания (остановка кровотечения, наложение повязки на рану, искусственное дыхание, массаж сердца и др.). 3. Организация скорейшей доставки пострадавшего в лечебное учреждение.

Оптимальный срок оказания первой медицинской помощи – до 30 минут после получения травмы. При остановке дыхания – до 5 минут. Отсутствие помощи в течение 1 часа после травмы увеличивает количество летальных (смертельных) исходов среди тяжело пораженных.

#### 4.4.3 Реанимационные мероприятия

**Признаками жизни являются:** 1) Сердцебиение, определяемое рукой или ухом на грудной клетке в области левого соска, при отсутствии пульсации крупных артерий. 2) Видимые движения грудной клетки и живота (улавливается струя выдыхаемого воздуха ухом, приложенным к губам пострадавшего, увлажняется (запотевает) зеркало, приложенное к его носу и рту или движется кусочек ваты, нити у носовых отверстий). 3) Реакция зрачков на свет, если осветить глаз пучком света, например фонариком, наблюдается сужение зрачка – положительная реакция. При дневном освещении: закрыть глаз верхним веком на 3–4 секунды, а затем быстро открыть его – заметна реакция зрачка.

**Признаки смерти.** Смерть состоит из двух фаз – клинической и биологической смерти. Во время клинической смерти, длящейся 5–7 минут, человек уже не дышит, сердце перестает биться, однако необратимые явления в тканях еще отсутствуют. В этот период организм еще можно оживить. По истечении 8–10 минут наступает биологическая смерть. В этой фазе спасти пострадавшему жизнь невозможно. При установлении жив ли пострадавший или уже мертв, исходят из так называемых *сомнительных и явных трупных признаков.* 1) *Сомнительные признаки смерти:* пострадавший не дышит, би-

ения сердца нет, отсутствует реакция на укол иглой, реакция зрачков на сильный свет отрицательная. 2) *Явные признаки смерти*: 1) помутнение роговицы и её высыхание; 2) симптом «кошачий глаз» (при сдавливании глаза с боков пальцами зрачок суживается и напоминает кошачий глаз); 3) трупное окоченение, начинающееся через 2–4 часа после смерти. Охлаждение тела происходит постепенно, появляются трупные синеватые пятна (табл. 4.4.1, 4.4.2).

Таблица 4.4.1.

**Признаки жизни и смерти человека**

Признаки	Пострадавший жив	В случае смерти
Пульс	Прощупывается	Не прощупывается
Сердечные сокращения (тоны)	Определяются выслушиванием грудной клетки в области левого соска	Не прослушиваются
Дыхание	Определяется по улавливанию струи выдыхаемого воздуха ухом, приложенным к губам пострадавшего, запотеванию зеркала.	Не определяется
Реакция зрачков на свет	Зрачок на воздействие светом суживается	Зрачок широкий, на свет не реагирует
Рефлекс роговицы глаза	При прикосновении до роговицы кончиком носового платка (кусочком бу-	Отсутствует

Таблица 4.4.2.

**Сравнительные характеристики терминального состояния**

Параметры	Преагональное состояние	Агония	Клиническая смерть
Сознание	Сохранено, но спутанное	Отсутствует	Отсутствует
Артериальное давление	Резко падает	На периферии не определяется	Отсутствует
Пульс	Резко учащается, нитевидный	На периферии не определяется, на крупных (сонных) артериях слабые единичные пульсовые волны	Отсутствует
Дыхание	Поверхностное, затруднённое	Неритмичное, прерывистое, судорожное, характерное заглатывание воздуха	Отсутствует
Кожные покровы	Бледные, холодные	Бледные, холодные	Серые с синюшным оттенком

**Оказание первой медицинской помощи при терминальных состояниях**<sup>85</sup>. Терминальные состояния могут быть *следствием различных причин*: шока, инфаркта миокарда, массивной кровопотери, закупорки дыхательных путей или асфиксии, электротравмы, утопления, заваливания землей и т.д. В терминальном состоянии выделяют *3 фазы или стадии*: предагональное состояние, агония, клиническая смерть.

*Реанимация при остановке дыхания*. Искусственное дыхание является единственным методом лечения состояний, при которых самостоятельное дыхание больного не может обеспечить достаточное насыщение крови кислородом. Существуют различные методы искусственной вентиляции легких. Для проведения искусственного дыхания необходимо: 1) Уложить больного на спину. 2) Расстегнуть стесняющую грудную клетку одежду. 3) Обеспечить свободную проходимость дыхательных путей (если в полости рта или глотке имеется содержимое, его нужно быстро удалить пальцем, салфеткой, платком или при помощи любого отсоса).

При проведении дыхания рот в рот *голову пострадавшего запрокидывают назад*. Для этого подкладывают одну руку под шею, а другой – надавливают на темя. В результате корень языка отодвигается от задней стенки гортани и восстанавливается проходимость дыхательных путей. Если данных мероприятий недостаточно, то их дополняют выдвижением нижней челюсти вперед и открыванием рта – «тройной прием». Если язык все же западает, *его прошивают или прокалывают английской булавкой* и фиксируют к воротнику одежды.

Спасатель, сделав глубокий вдох и плотно прижав свой рот ко рту (носу) пострадавшего, *вдувает в его легкие свой выдыхаемый воздух*. В легкие пострадавшего можно без большого труда вдувать более одного литра воздуха за один раз. При вдувании воздуха, рукой, находящейся у лба пострадавшего, необходимо зажать нос (рот). Выдох осуществляется пассивно, за счет эластических сил грудной клетки. Число дыханий в минуту должно быть не менее 16–20.

Если одновременно проводится наружный (непрямой) массаж сердца, вдувание воздуха следует приурочить к моменту прекращения надавливания на грудную клетку или же прервать массаж на это время (примерно на одну секунду). Массаж сердца всегда *должен проводиться одновременно с искусственным дыханием (ИВЛ)*, в противном случае реанимация бессмысленна (циркулирующая кровь не насыщается кислородом)!

Основными *признаками остановки сердца*, которые позволяют начать оказание помощи, являются: 1) потеря сознания; 2) отсутствие пульса, в том числе на сонных и бедренных артериях; 3) отсутствие сердечных тонов; 4) остановка дыхания; 5) бледность или синюшность кожи и слизистых оболочек; 6) расширение зрачков; 7) судороги, которые могут появляться в момент потери сознания и быть первым заметным симптомом остановки сердца.

---

<sup>85</sup> *Внимание! До тех пор, пока нет полной уверенности в смерти пострадавшего, мы обязаны оказывать ему помощь в полном объеме!*

**Непрямой массаж сердца:** больной должен находиться горизонтально на твердой поверхности для предупреждения смещения его тела под усилием рук спасателя; ноги пострадавшего желательно держать приподнятыми для улучшения притока крови к сердцу и увеличения сердечного выброса. Ладонные поверхности рук, наложенные одна на другую, лежат на нижней трети грудины, т. е. строго по средней линии грудины, на 2 пальца выше мечевидного отростка. У детей массаж сердца следует проводить одной рукой. Одну ладонь кладут на другую, давление производит только запястье, руки выпрямлены в локтевых суставах.

Компрессия грудной клетки производится за счет давления туловища, руки в локтевых суставах не сгибаются. Смещение грудины по направлению к позвоночнику у взрослого человека должно составлять 4–5 см. Продолжительность одной компрессии грудной клетки 0,5 сек., интервал между отдельными компрессиями 0,5–1 сек. Темп массажа примерно 50–70 в минуту. В интервалах руки с грудины не снимают, пальцы остаются приподнятыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах.

Если реанимацию проводит *один человек*, то через каждые 15 надавливаний грудины с интервалом в 1 сек. он должен, прекратив массаж, произвести 2 сильных вдоха по методу рот в рот. При участии в реанимации *двух человек* следует производить одно раздувание легких после каждых 5 надавливаний грудины. Число надавливаний должно быть не менее 60 в 1 минуту.

Признаками эффективности массажа сердца и ИВЛ являются: 1) Появление пульса на сонных, бедренных артериях и артериального давления – не ниже 60–70 мм. рт. ст. 2) Сужение зрачков и появление глазных рефлексов на свет. 3) Улучшение окраски кожных покровов и слизистых оболочек – исчезновение синюшной окраски и «мертвенной» бледности. 4) Последующее восстановление самостоятельного дыхания. 5) Восстановление сознания.

Пострадавших, находящихся в бессознательном состоянии, но с сохраненным самостоятельным дыханием, в целях предупреждения западания языка и аспирации мокроты, укладывают в фиксированное положение путем поворота пострадавшего на бок, сгибания оказавшейся внизу ноги и заведения руки за спину. При этом кисть другой руки (сверху) приводится под подбородок для удержания головы в запрокинутом положении(!), необходимы: 1) положение на спине с умеренным запрокидыванием головы и выдвиганием нижней челюсти вперед больного, находящегося без сознания; 2) стабильное положение на спине больного без сознания, но на спонтанном дыхании; сгибание ноги на стороне, на которой находится человек, оказывающий помощь; 3) рука подкладывается лицом, оказывающим помощь, под ягодицу; 4) осторожное поворачивание больного; 5) запрокидывание головы больного и удерживание его лицом вниз путем подкладывания контралатеральной руки под щеку, вторая рука за спиной не позволяет больному принять положение, лежа на спине.

**Первую медицинскую помощь следует оказывать в такой последовательности:** 1. Остановить угрожающее жизни кровотечение. 2. При отсут-

ствии дыхания – приступить к искусственному дыханию. 3. Если не прощупывается пульс, то одновременно с искусственным дыханием следует проводить непрямой массаж сердца. 4. Обработать раны и наложить повязки. 5. При переломах костей наложить шину.

Для осмотра травмы и определения её характера обнажают поврежденную часть тела или снимают с пострадавшего одежду. Это действие является исходным моментом для оказания первой медицинской помощи и проводится непосредственно на месте происшествия.

При оказании помощи пострадавшему во избежание возможных осложнений и дополнительного травмирования при снятии одежды с пострадавшего следует соблюдать следующие правила: 1) одежда с пострадавшего снимается, начиная со здоровой стороны (например, если травмирована левая рука, то рубашку или пиджак сначала снимают со здоровой правой руки); 2) если одежда пристала к ране, её нельзя отрывать, а нужно обрезать вокруг раны; 3) при сильном кровотечении не следует тратить время на снятие одежды, её надо быстро разрезать и, развернув, освободить место ранения. 4) При травмах голени и стопы обувь нужно разрезать по шву задника, а потом снимать, освобождая в первую очередь пятку. 5) При снятии одежды и обуви с травмированной конечности, эту конечность должен поддерживать помощник. 6) В холодное время года раздевать пострадавшего без особой нужды нежелательно, достаточно в одежде прорезать окно так, чтобы после наложения повязки остатками одежды прикрыть травмированный участок.

**Транспортировка** пострадавшего с территории ЧС – один из важных элементов оказания первой медицинской помощи. Для *переноски пострадавшего* используют стандартные носилки или импровизированные из подручных материалов (папки, лестницы, палатки, одеяла, плащи).

Положение пострадавшего на носилках – на спине с приподнятой головой, но при ранениях грудной клетки – *полусидящее*, при повреждениях позвоночника – *лежа на спине*, на жесткой основе (щит, доски, фанера и т. д.), при повреждениях таза – *на спине с согнутыми и разведенными в стороны ногами*. При переломах конечности обязательно наложить шину. С целью создания максимального покоя *не рекомендуется* перекладывать пострадавшего с одних носилок на другие.

#### 4.4.3 Первая медицинская помощь при автодорожных происшествиях

**Пострадавший без сознания.** У пострадавшего выявляют следующие признаки: *нет реакции на происходящее, нет реакции на звуковые и болевые раздражители, есть пульс и дыхание*. При потере сознания более 4 минут считают, что человек *находится в коме*. Признаками комы являются: потеря сознания, судороги и рвота, наличие пульса на сонной артерии, храпяющее дыхание, отсутствие реакции на звуковые и болевые раздражители.

*Последовательность оказания первой помощи:* 1) убедитесь в наличии пульса на сонной артерии; 2) поверните пострадавшего на живот; 3) очистите с помощью салфетки полость рта; 4) остановите кровотечение.

4.4.3.1 **Первая помощь при кровотечениях.** Различают артериальное, венозное, капиллярное и паренхиматозное кровотечение: 1) *Артериальное кровотечение* – кровотечение из поврежденных артерий. Изливающаяся кровь ярко-красного цвета, выбрасывается сильной пульсирующей струей. 2) *Венозное кровотечение* возникает при повреждении вен. Давление в венах значительно ниже, чем в артериях, поэтому кровь вытекает медленно, равномерной и неравномерной струей. Кровь при таком кровотечении темно-вишневого цвета. 3) *Капиллярное кровотечение* возникает при повреждении мельчайших кровеносных сосудов – капилляров. 4) Печень, селезенка, почки и другие *паренхиматозные органы* имеют очень развитую сеть артериальных, венозных сосудов и капилляров.

Различают кровотечения *наружные и внутренние*. Наружные кровотечения характеризуются поступлением крови непосредственно на поверхность тела через рану кожи. При внутренних кровотечениях кровь поступает в какую-нибудь полость организма.

**К способам временной остановки кровотечения относятся:** 1) придание поврежденной части тела возвышенного положения по отношению к туловищу; 2) прижатие кровоточащего сосуда в месте повреждения при помощи давящей повязки; 3) прижатие артерии на протяжении; 4) остановка кровотечения фиксированием конечности в положении максимального сгибания или разгибания в суставе; 5) круговое сдавливание конечности жгутом; 6) остановка кровотечения наложением зажима на кровоточащий сосуд в ране.

*Капиллярное кровотечение* легко останавливается наложением обычной повязки на рану. При *венозном кровотечении* надежная временная остановка кровотечения осуществляется наложением давящей повязки. *Артериальное кровотечение* из небольшой артерии можно с успехом остановить при помощи давящей повязки.

Для *экстренной остановки артериального кровотечения* широко применяется способ *прижатия артерий на протяжении*. Прижать артерию можно большим пальцем, ладонью, кулаком.

*Прижатие артерий фиксацией* конечности в определенном положении применяют во время транспортировки больного в стационар.

Надежно останавливает кровотечение из артерий тугое *круговое перетягивание конечности*, обеспечивающее пережатие всех сосудов выше места ранения. Наиболее легко это выполняется с помощью специального резинового жгута.

Жгут накладывают лишь при *сильном кровотечении из артерий конечности*. Для предупреждения защемления кожи *под жгут подкладывают полотенце, одежду раненого* и т.д.

*Конечность несколько поднимают вверх, жгут подводят под конечность, растягивают и несколько раз обертывают вокруг конечности до прекращения кровотечения.* Туры жгута должны ложиться рядом друг с другом, не ущемляя кожи. *Наиболее тугим должен быть первый тур, второй накладывают с меньшим натяжением, а остальные – с минимальным.* Концы жгу-

*та фиксируют* при помощи цепочки и крючка поверх всех туров. Ткани должны сдавливаться лишь до остановки кровотечения. При правильно наложенном жгуте артериальное кровотечение немедленно прекращается, конечность бледнеет, пульсация сосудов ниже наложенного жгута прекращается.

При отсутствии специального жгута круговое перетягивание конечности может быть осуществлено резиновой трубкой, ремнем, платком, куском материи. Необходимо помнить, что грубые жесткие предметы могут легко вызвать повреждение нервов.

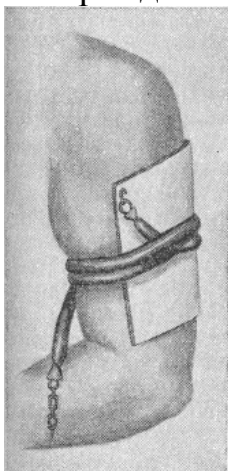


Рис. 4.4.1. Наложение жгута с фанерной шиной при кровотечении

**Помните**, что: 1) Накладывать жгут только на конечность выше раны и поближе к ней. 2) Чтобы не прищемить кожу, жгут накладывают на одежду или на подкладку (платок, косынка, полотенце и т.д.). 3) Затягивать жгутом конечность только до прекращения кровотечения и исчезновения пульса. 4) При наложении жгута конечности придать приподнятое положение. 5) Наложённый жгут следует надёжно закрепить (рис. 4.4.1).

Прикрепить записку с указанием времени наложения жгута (часы и минуты). Накладывать жгут на конечность летом не более чем на 2 часа, зимой – не более чем на 1 час.

*Ошибки при наложении жгута:* 1) Отсутствие показаний, т.е. наложение жгута при капиллярном или венозном кровотечении, а не при артериальном, что правильно. 2) Наложение на кожу без прокладок и далеко от раны. 3) Чрезмерное или слабое затягивание жгута. 4) Плохое закрепление концов жгута.

В случае обнаружения у пострадавшего **перелома костей** отмечают: 1) неестественное положение повреждённой конечности; 2) деформацию и отёк конечности, 3) наличие в ране костных отломков.

4.4.3.2 **Переломы костей** – частичное или полное нарушение целостности кости в результате ее удара, сжатия, сдавливания, перегиба (во время падения). Переломы делятся на *закрытые* (без повреждения кожи) и *открытые*, при которых имеется повреждение кожи в зоне перелома. Переломы бывают: поперечные, косые, спиральные, продольные.

*Для перелома кости характерны:* 1) Резкая боль, усиливающаяся при любом движении и нагрузке на конечность, местная припухлость. 2) Изменение положения и формы конечности. 3) Нарушения функции конечности (невозможность ею пользоваться). 4) Появление отёчности и кровоподтёка в зоне перелома. 5) Укорочение конечности. 6) Патологическая (ненормальная) подвижность кости в месте повреждения, «хруст» отломков.

При обнаружении перелома кости проводят следующие мероприятия: 1) Создание неподвижности костей в области перелома при помощи транспорт-



ной шины. 2) Меры, направленные на борьбу с шоком или на его предупреждение. 3) Быстрейшую доставку пострадавшего в лечебное учреждение.

**Первая медицинская помощь при переломах костей:** 1) создание неподвижности костей в области перелома; 2) борьба с шоком или на его предупреждение; 3) организация быстрейшей доставки пострадавшего в лечебное учреждение.

Быстрое создание неподвижности костей в области перелома – *иммобилизация* уменьшает боль и является главным моментом в предупреждении шока. Иммобилизация конечности достигается наложением транспортных шин или шин из подручного твердого материала. Наложение шины нужно проводить непосредственно на месте происшествия и только после этого транспортировать больного.

При отсутствии подсобного материала иммобилизацию следует провести путем прибинтовывания поврежденной конечности к здоровой части тела: верхней конечности – к туловищу при помощи бинта или косынки, нижней – к здоровой ноге (рис. 4.4.2).

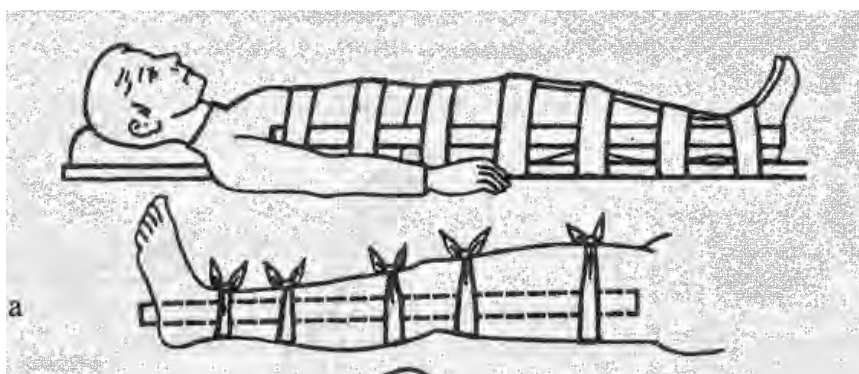


Рис. 4.4.2. Транспортная шина на нижнюю конечность

***Правильно произведенная фиксация поврежденных костей – хорошая профилактика шока и других общих явлений.***

Во время наложения транспортной шины: 1. Ни в коем случае не шевелите сломанную ногу или руку. Все надо оставить, как есть, т.е. обеспечить поврежденным костям наибольший покой. 2. Не пытайтесь вправить в рану торчащие обломки или удалять из раны осколки. 3. Перед иммобилизацией конечности необходимо остановить кровотечение, наложить асептическую повязку, чистый носовой платок или полотенце. При кровотечении из раны должны быть применены способы временной остановки кровотечения (давящая повязка, наложение жгута и др.). 4. Затем осторожно, чтобы не усилить боль, следует наложить готовую шину. Если транспортных шин нет, иммобилизацию следует проводить при помощи импровизированных шин из любых подручных материалов: доски, палки, кусков фанеры, веток, зонтика и др. 5. Для создания неподвижности в зоне перелома, необходимо произвести фиксацию двух-трех суставов: выше и ниже места перелома (например, при переломе голени фиксируют голеностопный и коленный сустав, переломе бедра – все суставы нижней конечности: коленный, голеностопный, тазо-

бедренный) в положении, удобном для больного и для транспортировки. 6. Шину нужно накладывать на одежду, предварительно обложив её ватой, надёжно закрепить и хорошо фиксировать область перелома. 7. При отсутствии подсобного материала иммобилизацию конечности следует провести путем прибинтовывания поврежденной конечности к здоровой части тела, верхней конечности – к туловищу при помощи бинта или косынки, нижней – к здоровой ноге. 8. Наложение шины нужно проводить, непосредственно на месте происшествия и только после этого транспортировать больного. 9. Создать покой пострадавшему. 10. Уменьшение боли при иммобилизации конечности в результате правильно произведенной фиксации поврежденных костей предупреждает развитие шока.

**Недопустимо:** 1) оставлять пострадавшего в состоянии комы на спине (пострадавший должен лежать только на животе), 2) подкладывать под голову подушку, сумку и др., 3) переносить с места происшествия без крайней необходимости, 4) самостоятельно транспортировать, 5) по возможности, транспортировать пострадавшего должны спасательные службы.

Причиной смерти в первые минуты комы могут быть: удушье собственным языком, вдыхание слюны, крови, содержимого желудка.

#### 4.4.4 Первая медицинская помощь при травматическом и аллергическом шоке

**4.4.4.1 Травматический шок.** Развивается после обширных травм (ранений, ушибов, переломов и др.) вследствие резкой боли и больших повреждений ткани, сопровождающихся потерей крови или не сопровождающихся большим кровотечением.

В течении травматического шока выделяют две фазы. *Первая фаза* – эректильная, возникает в момент травмы, характеризуется резким возбуждением нервной системы. Вторая фаза – торпидная (фаза торможения), угнетение деятельности нервной системы, сердца, легких, печени, почек. *Вторая фаза* шока подразделяется на четыре степени: 1) Шок I степени (легкий). Пострадавший бледен, сознание, как правило, ясное, иногда легкая заторможенность, рефлексы снижены, одышка. Пульс учащен, 90–100 ударов в минуту. 2) Шок II степени (средней тяжести). Выраженная заторможенность, вялость. Пульс 120–140 ударов в минуту. 3) Шок III степени (тяжелый). Сознание сохранено, но окружающее он не воспринимает. Кожные покровы землисто-серого цвета покрыты холодным липким потом, выражена синюшность губ, носа и кончиков пальцев. Пульс 140–160 ударов в минуту. 4) Шок IV степени (предагония или агония). Сознание отсутствует. Пульс не определяется.

При шоке *первая помощь тем эффективней, чем раньше она оказана.* Оказание первой помощи включает в себя проведение мероприятий, направленных на устранение причин шока (снятие или уменьшение болей, остановка кровотечения, проведение мероприятий, обеспечивающих улучшение дыхания и сердечной деятельности и предупреждающих общее охлаждение), Порядок проведения мероприятий: 1) Уложить пострадавшего на спину и обеспечить покой. 2) Наложить жгут при артериальном кровотечении, давя-

щую повязку и др. 3) Приподнять ноги при кровотечении и ранениях живота. 4) Наложить на раны повязки. 5) Согревание. 6) Ввести обезболивающие средства, если их нет или есть уверенность в отсутствии повреждения органов брюшной полости – дать выпить немного спирта (20-30 мл) или водки (до 100 мл). 7) При переломах – наложить шины. 8) Желательно начать ингаляцию кислорода. 9) Организация скорейшей транспортировки пострадавшего в стационар.

Лучше всего транспортировать в специальной реанимационной машине, в которой можно проводить эффективные мероприятия.

При оказании первой помощи человеку, получившему травму, необходимо соблюдать 5 принципов профилактики шока: 1) уменьшение болей; 2) дача внутрь жидкости; 3) согревание; 4) создание покоя и тишины вокруг пострадавшего, 5) бережная транспортировка в лечебное учреждение.

Следует помнить, что наступившее состояние находится между жизнью и смертью, поэтому только правильная и безотлагательная помощь может спасти жизнь пострадавшего.

**При шоке ни в коем случае нельзя:** 1) извлекать из раны костные осколки и др. предметы; 2) вправлять в рану выпавшие ткани и органы; 3) совмещать костные отломки при переломах; 4) тревожить и заставлять двигаться пострадавших; 5) перемещать пострадавшего с переломом без наложения транспортной шины; 6) давать пить при проникающем ранении живота;

**4.4.4.2 Аллергический шок.** Вызывается при контакте человека с определёнными веществами или укусе животных. Характеризуется быстрым развитием – в течение нескольких секунд или минут после контакта с аллергеном у пострадавшего развивается: 1) угнетение сознания; 2) падение артериального давления (АД); 3) появляются судороги; 4) непроизвольное мочеиспускание; 5) нередко – смерть.

У большинства же больных заболевание начинается с появления: 1) чувства жара; 2) гиперемии кожи; 3) страха смерти; 4) возбуждения или, наоборот, депрессии; 5) головной боли, боли за грудиной, удушья; 6) иногда развивается отек гортани с хриплым дыханием; 7) появляются кожный зуд и высыпания; 8) сухой надсадный кашель; 9) артериальное давление резко падает, пульс становится нитевидным. Смерть может наступить от острой дыхательной недостаточности вследствие спазма бронхов и отёка легких, острой сердечно-сосудистой недостаточности с развитием отека мозга.

**Неотложная помощь:** 1) прекращение контакта с аллергеном; 2) помощь следует оказывать на месте, для чего уложить больного и зафиксировать язык для предупреждения асфиксии; 3) ввести адреналин подкожно в месте введения аллергена (или в месте укуса) и внутривенно. Если артериальное давление остается низким, через 10–15 мин введение раствора адреналина следует повторить; 4) назначают лечебные средства для выведения больного из анафилактического шока, состояния асфиксии и удушья, сердечной недостаточности; 5) введение раствора гидрокарбоната натрия и противошоковой жидкости.

При необходимости проводят реанимационные мероприятия, включающие закрытый массаж сердца, искусственное дыхание, интубацию бронхов. При отеке гортани – делают трахеостомию.

4.4.4.3 **Обморок** – внезапно возникающая кратковременная утрата сознания с нарушением тонуса мышц, ослаблением деятельности сердечной и дыхательной систем. Обморок является легкой формой острой сосудистой мозговой недостаточности и обусловлен анемией мозга; чаще возникает у женщин. У лиц, подверженных обморочным состояниям, нередко отмечается астеническая конституция, лабильность пульса, пониженное АД. Обморок может возникнуть в результате психической травмы, при виде крови, болевом раздражении, при длительном пребывании в душном помещении, при интоксикациях и инфекционных заболеваниях.

**Признаки обморока:** 1) внезапно возникающее легкое затуманивание сознания; 2) головокружение; 3) звон в ушах; 4) тошнота; 5) зевота; 6) усиление перистальтики кишечника; 7) резкая бледность кожных покровов; 8) похолодание рук и ног; 9) капли пота на лице; 10) расширение зрачков; 11) пульс слабого наполнения; 12) артериальное давление (АД) снижено.

Приступ длится от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. После обморока сохраняются общая слабость, тошнота, неприятное ощущение в животе.

**Неотложная помощь при обмороке:** 1) уложить больного на спину с несколько опущенной головой, 2) расстегнуть воротник, 3) ослабьте поясной ремень, галстук, 4) обеспечить доступ свежего воздуха вынесите на свежий воздух или распахните окна, 5) к носу поднести ватку, смоченную нашатырным спиртом, 6) обрызгать лицо холодной водой.

При более стойком обморочном состоянии (если в течение 3 мин. сознание не появляется) нужно повернуть пациента на живот и приложить холод к голове. Госпитализация не требуется.

#### 4.4.5 Первая медицинская помощь при сдавливаниях и ушибах

4.4.5.1 **Синдром длительного сдавливания** развивается при длительном нахождении человека под завалом. Возникает он в результате длительного сдавливания конечности тяжелым предметом. Сдавливание может наступить при длительном (более 6 часов) нахождении пострадавшего на твёрдой поверхности в одном положении. Одновременно могут отмечаться также и ушибы, повреждения костей, суставов и внутренних органов.

*Различают три степени тяжести синдрома:* 1) *Крайне тяжёлая*, например, при сдавливании обеих нижних конечностей более 6 часов. 2) *Средней тяжести* – при сдавливании только голени или предплечья в течение 6 часов. 3) *Лёгкой тяжести* – при сдавливании небольших участков тела в течение 3-6 часов.

**Признаки:** 1) рука или нога холодные на ощупь, бледные с синюшным оттенком; 2) болевая чувствительность резко снижена или отсутствует. 3) развивается отёк и нестерпимая боль.

Если конечность не освобождена от сдавливания, то общее состояние пострадавшего может быть удовлетворительным. *Освобождение конечности без наложения жгута может вызвать резкое ухудшение состояния, с потерей сознания, произвольным мочеиспусканием.*

**Оказание помощи:** 1) извлечь пострадавших из-под обрушившихся тяжестей; 2) наложить жгуты на поврежденные конечности как можно ближе к её основанию, как при остановке артериального кровотечения; 3) обложить поврежденную конечность льдом, повязками, смоченными холодной водой; 4) иммобилизовать поврежденные конечности с помощью шин, не туго бинтуя поврежденные участки тела; 5) для борьбы с шоком и его профилактики, пострадавшего следует тепла укрыть, можно дать немного спиртного или горячего кофе, чая; 6) срочно транспортировать пострадавшего в лечебное учреждение в положении лёжа.

**4.4.5.2 Ушибы** – повреждения тканей и органов, при которых не нарушена целостность кожи и костей. Степень повреждения зависит от силы удара, площади поврежденной поверхности и от значения для организма ушибленной части тела (ушиб пальца не столь опасен, как ушиб головы).

На месте ушиба быстро появляется припухлость, возможен и кровоподтек (синяк). При разрыве крупных сосудов под кожей могут образоваться скопления крови (гематомы).

**Признаки:** боль, припухлость, кровоподтеки в месте ушиба.

**Первая помощь при ушибе** мягких тканей: 1) создать покой поврежденному органу; 2) на область ушиба – наложить давящую повязку; 3) придать пострадавшей области тела возвышенное положение; 4) к месту ушиба приложить холод – пузырь со льдом, холодные компрессы.

**4.4.5.3 Растяжения и разрывы связок.** Растяжение характеризуется появлением резких болей, быстрым развитием отека в области травмы и значительным нарушением функций суставов.

**Первая помощь при растяжении связок** такая же, как и при ушибах, т.е. прежде всего: 1) наложить повязку, фиксирующую сустав; 2) создать больному полный покой; 3) наложить тугую повязку на область поврежденного сустава.

**4.4.5.4 Вывихи.** Повреждение сустава, при котором происходит смещение соприкасающихся в его полости суставных концов костей с выходом одной из них через разрыв из полости сустава в окружающие ткани, называется вывихом.

**Признаки вывиха:** 1) боль в конечности; 2) резкая деформация (западение) области; 3) отсутствие активных и невозможность пассивных движений в суставе; 4) фиксация конечностей в неестественном положении, не поддающемся исправлению; 5) изменение длины конечности, чаще ее укорочение.

**Первая помощь:** 1) холод на область поврежденного сустава; 2) применение обезболивающих средств; 3) иммобилизация конечности в том положении, которое она приняла после травмы. Вправление вывиха – врачебная процедура.

*Не следует пытаться вправить вывих, т.к. иногда трудно установить, вывих это или перелом, тем более что вывихи часто сопровождаются трещинами и переломами костей.*

#### **4.4.6 Первая медицинская помощь при ожогах**

Ожоги возникают вследствие местного воздействия высокой температуры (термические ожоги), крепких кислот и щелочей (химические ожоги), под действием ультрафиолетового и других видов облучения (лучевые ожоги), электрического или радиационного воздействия. В мирное время преобладают термические ожоги в результате неосторожности в быту (обваривание кипятком), пожаров, реже – вследствие производственных травм из-за несоблюдения техники безопасности. Наиболее типичными лучевыми ожогами являются солнечные. Ожоги в качестве боевой травмы могут быть обусловлены применением зажигательных смесей, а также ядерного оружия, световое излучение которого вызывает ожоги кожи и поражение органов зрения. Различают четыре степени ожога:

Поверхностные ожоги: 1) *Ожог I степени* (эритема) – стойкое покраснение кожи, отёчность и боль. 2) *Ожог II степени* – отслаивание эпидермиса и образование пузырей.

Глубокие ожоги: 3) *Ожог III степени* разделяют на поверхностное – III-а степени и глубокое – III-б степени – выгорание кожи, подкожной клетчатки и глубже лежащих структур. 4) *Ожог IV степени* (некроз) – омертвление всех слоев кожи.

**4.4.6.1 Термические ожоги.** Воздействие высоких температур вызывает коагуляцию белков кожи. Кожные клетки погибают и подвергаются некрозу. Чем выше температура и длительнее её воздействие, тем глубже поражение кожи.

*Оказание помощи при термических ожогах:* 1) быстро удалить пострадавшего из зоны огня; 2) немедленно снять горящую одежду и набросить на пострадавшего покрывало, пальто, мешок, шинель (прекратить доступ воздуха к огню); 3) пламя на одежде – гасить водой, засыпать песком, тушить своим телом (перекатываясь по земле); 4) отёчный участок – подставить под струю холодной воды для снижения внутрикожной температуры, уменьшения степени и глубины прогревания тканей и развития более глубокого ожога; 5) не отрывать от обожженной поверхности прилипшую одежду, а обрезать её ножницами, снять с пострадавшего кольца, часы и другие предметы до появления отёка; 6) завернуть пострадавшего в свежесвыглаженную простыню и уложить в постель, согреть, создать покой пострадавшему, не тревожить его повторными переключиваниями, переворачиваниями, перевязками; 7) наложить стерильные марлевые или чистые повязки из подручного материала (платки, куски белья и др.);

*Профилактика шока:* 1) при появлении озноба – согреть, укрыть, дать обильное теплое питье, при сильных болях – 100–150 мл водки; 2) при ожогах *средней* тяжести – 1–2 таблетки анальгина, тёплое питье – 2–3 стакана тёплой воды с чайной ложкой соды, холод на область повязки ожоговой по-

верхности; 3) при обширных ожогах – срочно доставить пострадавшего в больницу; 4) при потере сознания – дать понюхать нашатырный спирт; 5) при исчезновении дыхания – сделать искусственное дыхание на свежем воздухе.

Ожоги 1 степени обрабатывают 33% раствором спирта, II-III-IV степени – 33% спиртом и накладывают стерильные повязки. Вскрывать или срезать пузыри не следует. Накладывают стерильную повязку с фурацилиновой мазью и направляют пострадавшего в поликлинику по месту жительства.

**4.4.6.2. Химические ожоги** возникают от воздействия на тело концентрированных кислот (соляная, серная, азотная, уксусная, карболовая), щелочей (едкое кали и едкий натр, нашатырный спирт, негашёная известь), фосфора и некоторых солей тяжелых металлов (серебра нитрат, цинка хлорид и др.).

Особенностью химических ожогов является длительное действие на кожные покровы химического агента, если своевременно не оказана первая помощь. Поэтому ожог может существенно углубиться за 20-30 мин. Его углублению и распространению способствует пропитанная кислотой или щелочью одежда. При химических ожогах редко возникают пузыри, так как в большинстве своем они относятся к ожогам III и IV степени. При ожогах кислотами образуется струп, а при ожогах крепкими щелочами – некроз.

*Первая помощь* при химических ожогах зависит от вида химического вещества, общим для них является: 1) обрывки одежды, пропитанные химическим агентом, немедленно удаляют; 2) кожу обильно моют струёй холодной проточной воды в течение 15–20 мин.

а) При *ожогах концентрированными кислотами* на месте воздействия образуется сухой струп: 1) обмыть его 2 % раствором питьевой соды или мыльной водой; 2) накладывают стерильные салфетки, смоченные 4% раствором питьевой соды; 3) закрыть участок стерильной сухой повязкой.

б) *Щелочи* вызывают более глубокие, чем кислоты, ожоги в связи с тем, что не образуется струп: 1) щёлочи нейтрализуют 2 % раствором борной кислоты, растворами лимонной кислоты или столового уксуса; 2) салфетки смачивают слабым раствором хлористоводородной, лимонной или уксусной кислоты; 3) вводят обезболивающие средства (анальгин, промедол, пантопон) и проводят противошоковое лечение. Больного транспортируют в больницу.

#### **4.4.7 Первая медицинская помощь при несчастных случаях**

Поражение молнией и электрическим током наступает во время грозы или работы с техническими электрическими средствами. Поражение бывает прямое – при соприкосновении с источником тока или проводником и не прямое – по индукции.

**4.4.7.1 Поражение молнией.** Поражаются люди, находящиеся на открытом месте во время грозы. Поражающее действие атмосферного электричества обусловлено в первую очередь высоким напряжением и мощностью разряда, но, кроме того, наряду с электротравмой пострадавший может быть отброшен воздушной взрывной волной и получить травматические повреждения, в частности черепа. Могут также наблюдаться тяжелые ожоги до IV сте-

пени (температура в области так называемого канала молнии может превышать 25 тыс. °С). Несмотря на кратковременность воздействия, при поражении молнией состояние пострадавшего обычно тяжелое, что обусловлено в первую очередь поражением центральной и периферической нервной системы.

*Признаки поражения:* 1) потеря сознания от нескольких минут до нескольких суток; 2) судороги; 3) после восстановления сознания – возбуждение, беспокойство, дезориентация, крики от боли в конечностях и в местах ожогов, бред; 4) могут развиваться галлюцинации, парез конечностей; 5) сильная головная боль, боль и резь в глазах, нарушения зрения до полной слепоты (отслойка сетчатки), шум в ушах; 6) ожоги век и глазного яблока, помутнение роговицы и хрусталика; 7) на кожных покровах – своеобразные древовидные знаки (знаки молнии) багрово-бурого цвета по ходу сосудов; 8) нарушения слуха, загрудинная боль, кровохарканье, отек легких.

*Неотложная помощь:* 1) своевременно и правильно проводимые реанимационных мероприятий помогут спасти жизнь пострадавшего; 2) если у пострадавшего наступила остановка сердечной деятельности, необходимо немедленно начать прямой массаж сердца и искусственное дыхание изо рта в рот или изо рта в нос; 3) транспортировать пострадавшего в больницу необходимо на носилках, лучше – в положении на боку из-за опасности возникновения рвоты, в отделение реанимации многопрофильной больницы, где имеются хирург, невропатолог, терапевт, окулист, отоларинголог.

**4.4.7.2 Поражение электрическим током.** *Признаки поражения:* 1. Звук внезапного громкого хлопка или световая вспышка. 2. Присутствие около пострадавшего оголенного источника электрического тока. 3. «Метки» тока чаще всего, располагающиеся на кистях и стопах. 4. Очевидные ожоги на поверхности кожи. 5. Бессознательное состояние у пострадавшего, неподвижные, чаще всего, расширенные зрачки, не реагирующие на свет. 6. Нарушение дыхания. 7. Пульс слабый, аритмичный или не определяется вовсе, а том числе на сонной артерии. 8. Остановка сердца, дыхания (мнимая смерть). 9. Вслед за прекращением работы сердца и остановкой дыхания наступает *смерть*, которая состоит из двух фаз – клинической и биологической. Во время клинической смерти, продолжающейся 5–6 минут, человек уже не дышит, сердце перестает биться, однако необратимые явления в тканях еще отсутствуют.

***В этот период, пока не произошли тяжелые изменения мозга, сердца, легких, организм можно оживить.***

*Оказание помощи:* 1) Оказывающему помощь рекомендуется надеть на руки сухие шерстяные перчатки или обернуть кисти рук сухой тканью, надеть резиновые перчатки, под ноги положить изолирующий материал, чтобы не получить смертельное поражение током. 2) Необходимо скорее отключить пострадавшего от источника электрического тока или проводника: *выключить рубильник, выключить предохранительные пробки, сбить или отбро-*



свить провод сухой палкой, одеждой, бутылкой, или перерубить провод топором с деревянным топорищем, предварительно приняв меры самозащиты.

После отключения пострадавшего от тока необходимо оценить состояние пострадавшего и при необходимости: 1) немедленно приступить к оживлению пострадавшего, искусственному дыханию и закрытому массажу сердца до полного восстановления функции дыхания и работы сердца; 2) убедившись в восстановлении сердечной деятельности и дыхания, нужно наложить сухие асептические повязки на участки ожога электричеством; 3) при возможных переломах – произвести иммобилизацию мест перелома подручными средствами; 4) отвезти пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Во время транспортировки у пострадавшего возможна повторная остановка дыхания и сердца. Поэтому транспортировка таких больных должна осуществляться только на носилках (табл. 4.4.3).

Таблица 4.4.3.

**Первая помощь при поражении молнией или электрическим током**

Повреждения	Признаки	Первая помощь
Поражение молнией или электрическим током	Ожоги у места входа и выхода тока. Потеря сознания	Прекратить действие тока на организм. Вынести пострадавшего в безопасное место, длительное проведение наружного массажа сердца и искусственное дыхание
Ожоги	Покраснение, припухлость кожи (I степень), пузыри с прозрачной жидкостью (II степень), омертвление кожи и глубже лежащих тканей (III и IV степени)	Устранить причину, вызывающую ожог, пузыри не вскрывать, наложить стерильную повязку. Конечность иммобилизовать

**4.4.7.2 Помощь пострадавшему при утоплении.** В основе утопления лежит попадание жидкости в верхние дыхательные пути и легкие. По виду и причинам различают три вида утопления: 1) первичное (истинное, или «мокрое») – в лёгкие поступает *большое количество воды* (не менее 10–12 мл/кг массы тела), оно различное при утоплении в пресной или морской воде, наиболее частое (75–95% случаев); 2) асфиксическое («сухое») – стойкий спазм гортани, встречается в 5–20% всех случаев; 3) вторичное утопление развивается в результате остановки сердца вследствие попадания пострадавшего в холодную воду («ледяной шок», «синдром погружения»), рефлекторной реакции на попадание воды в дыхательные пути или полость среднего уха при поврежденной барабанной перепонке. Для вторичного утопления характерен выраженный спазм периферических сосудов.

При несчастных случаях может наступить смерть в воде, не вызванная утоплением (травма, инфаркт миокарда, нарушение мозгового кровообращения и т.д.).

*Особенности утопления:* 1) в легких случаях – сознание сохранено, но больные возбуждены, отмечается дрожь, частая рвота; 2) при относительно длительном утоплении (первичное и асфиксическое) – сознание или отсут-

ствуется, или отмечается резкое двигательное возбуждение, судороги, кожные покровы синюшные; 3) для вторичного утопления характерна резкая бледность кожных покровов; 4) зрачки расширены, дыхание клопочущее, учащенное или при длительном пребывании под водой редкое с участием вспомогательных мышц, при утоплении в морской воде быстро нарастает отек легких, выраженная тахикардия, иногда экстрасистолия; 5) при длительном и вторичном утоплении пострадавший может быть извлечен из воды без признаков дыхания и сердечной деятельности.

*Неотложная помощь.* 1). Пострадавшего извлекают из воды. 2). Полость рта очищают пальцем, обернутым платком или марлей. 3). Ошибкой являются попытки удалить «всю» воду из лёгких. При истинном утоплении больного быстро укладывают животом на бедро согнутой ноги спасателя и резкими толчкообразными движениями сжимают боковые поверхности грудной клетки (в течение 10–15 с), после чего вновь поворачивают его на спину. 4) При потере сознания проводят искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в нос» желательно *начинать на воде*, однако выполнить эти приемы может только хорошо подготовленный, физически сильный спасатель. При извлечении пострадавшего на *катер, спасательную лодку или берег* необходимо продолжить искусственное дыхание. 5) При отсутствии пульса на сонных артериях следует немедленно начать непрямой массаж сердца. 6) При проведении искусственной вентиляции легких способами «изо рта в рот» или «изо рта в нос» необходимо соблюдение одного условия: голова больного должна быть в положении максимальной затылочного разгибания. 7). В отдельных случаях дыхательные пути утонувшего могут оказаться непроходимыми из-за наличия крупного инородного тела в гортани или стойкого спазма гортани. В таком случае необходимо сделать трахеостомию. 8). При ознобе необходимо тщательно растереть кожные покровы, обернуть пострадавшего в теплые сухие одеяла. Применение грелок противопоказано, если сознание отсутствует или нарушено.

**4.4.7.3 Помощь при тепловом и солнечном ударе.** Отмечается значительное повышение температуры тела, приводящее к расширению сосудов, гипервентиляции лёгких, усилению потоотделения. В результате развивается обезвоживание, снижается деятельность сердца и периферический сосудистый тонус и уровень артериального давления, возникает кислородное голодание мозга с судорогами.

*Признаки:* сильные головные боли, возбуждение, утрата контакта с пострадавшим, тошнота, рвота, судороги, потеря сознания различной степени – вплоть до коматозного состояния. Температура тела повышается до 40°C и выше; кожные покровы – сначала влажные, а в последствии сухие, покрасневшие. Дыхание частое, поверхностное. Тоны сердца глухие, пульс резко учащен, уровень артериального давления снижен.

*Оказание помощи:* 1) Устранить воздействие высоких температур на организм пострадавшего. 2) Снизить высокую температуру (гипертермию) у пострадавшего физическими средствами, поместив его в прохладное место,

напоить холодной водой (при наличии сознания). 3) Обернуть тело пострадавшего простынёй, смоченной холодной водой. 4) Транспортировать в стационар.

#### 4.4.8 Первая медицинская помощь при сердечно-сосудистых нарушениях

Эмоциональный стресс и волнение могут быть причиной резкого и внезапного повышения артериального давления (АД), сопровождающегося соответствующей клинической симптоматикой. Степень повышения АД зависит от типа нервной системы и индивидуальной реакции на стресс. Такое повышение АД небезопасно для жизни и здоровья человека.

**Гипертонический криз:** 1) сильные головные боли, тошнота и рвота; 2) резкое покраснение лица, боли за грудиной в области сердца и дрожь в конечностях; 3) внезапные носовые кровотечения; 4) повышение АД (гиперкинетический тип – выраженное повышение систолического давления и невысокое – диастолического давления, гипокинетический тип – высокое диастолическое давление при сравнительно низком систолическом давлении, эукинетический тип – характеризуется слабостью сердечной мышцы).

**Оказание первой помощи:** **А.** *Человек не болен гипертонией:* усадить больного, приложить тепло к стопам, приложить горчичники к затылку. **Б.** *Человек болен гипертонией:* 1) усадить больного; 2) приложить тепло к стопам; 3) дать таблетку, назначенную врачом, предпочтение отдают быстродействующим сосудорасширяющим препаратам, ганглиоблокаторам и диуретикам; 4) при носовом кровотечении приложить холод к переносице; 5) вызвать «Скорую медицинскую помощь».

#### 4.4.9 Первая медицинская помощь в очаге радиационной аварии

Авария вызывает радиоактивное загрязнение местности. Источниками загрязнения являются выпавшие на поверхность земли или находящиеся во взвешенном состоянии в виде пыли или тумана радиоактивные вещества и продукты деления. Радиоактивное загрязнение местности характеризуется уровнями радиации и измеряется в рентгенах за 1 час (Р/ч), а доза облучения человека – в Грехах (Гр) или Зивертах (Зв). Различают три зоны загрязнения: *умеренного, сильного и опасного* загрязнения. С течением времени уровень загрязнения местности снижается, уменьшается опасность поражения незащищённых людей.

В зависимости от величины полученной дозы принято различать 4 степени тяжести острой лучевой болезни,<sup>86</sup> возникающие у человека в результате воздействия проникающей радиации в момент ядерного взрыва, при нахождении его на зараженной территории и при попадании внутрь радиоактивных веществ.

---

<sup>86</sup> Подробно степени лучевой болезни рассматриваются в лекции.

**Предупреждение возникновения острой лучевой болезни и радиационных ожогов кожи** достигается: 1) использованием индивидуальных средств защиты органов дыхания и кожи, 2) организацией режима правильного поведения людей на радиоактивно загрязнённой местности, 3) своевременным оказанием медицинской помощи.

От попадания радиоактивных веществ в органы дыхания и пищеварения при нахождении на загрязнённой местности надёжно защищает противогаз, а при его отсутствии надо использовать респиратор Р-2, противопылевую тканевую маску или ватно-марлевую повязку. Средством защиты кожных покровов может быть обычная одежда, наглухо застегнутая на все пуговицы и крючки. Глаза могут быть защищены с помощью очков-консервов.

После вывода пострадавших из опасной зоны организуется их помывка со сменой одежды и дозиметрический контроль. По возможности, всем дают выпить адсорбирующие средства («адсорбар» или активированный уголь).

При невозможности организовать помывку пострадавших следует промыть слизистые и открытые кожные покровы водой, снять верхнюю одежду. Пострадавших с тяжелой и крайне тяжелой степенью поражения необходимо срочно направлять в лечебное учреждение.

#### 4.4.10 Тесты для контроля знаний

1. Укажите последовательность оказания медицинской помощи. *Ответы:* а) доврачебная; б) специализированная; в) первая медицинская; г) квалифицированная; д) первая врачебная.

2. Выбрать признаки биологической смерти. *Ответы:* а) потеря сознания; б) серый цвет кожных покровов; в) появление трупных пятен; г) отсутствие пульса; д) отсутствие видимых движений грудной клетки и живота.

3. Какие мероприятия необходимо осуществить человеку, оказывающему первую медицинскую помощь? *Ответы:* а) оказать при необходимости первую медицинскую помощь; б) определить неотложность ситуации; в) принять решение действовать; г) подготовка пострадавшего к транспортировке в лечебное учреждение; д) ускорить поступление квалифицированной медицинской помощи.

4. Какие задачи являются первоочередной при оказании первой помощи? *Ответы:* а) скорейшая доставка пострадавшего в медицинское учреждение; б) устранение опасности, угрожающей жизни человека; в) ускорить поступление квалифицированной медицинской помощи; г) подготовка пострадавшего к транспортировке в лечебное учреждение.

5. Наличие чего следует проверить для оценки тяжести состояния пострадавшего? *Ответы:* а) остроту зрения; б) целостность костей скелета; в) наличие пульса; г) остроту слуха.

6. Как оказать помощь пострадавшему, если он находится в состоянии клинической смерти? *Ответы:* а) уложить пострадавшего на спину; б) не трогать одежду; в) быстро удалить пальцем, салфеткой или платком содержимое полости рта или глотки; г) переносить пострадавшего с места на место; д) начать оживление пострадавшего.

7. Что следует сделать прежде, чем начать искусственное дыхание? *Ответы:* а) провести непрямой массаж сердца; б) уложить, больного на спину на твердую горизонтальную поверхность; в) расстегнуть одежду, стесняющую грудную клетку; г) освободить дыхательные пути от инородных тел, слизи, пищевых масс.

8. Число дыханий в минуту при искусственном дыхании? *Ответы:* а) 5-10; б) 12-14; в) 16-20; г) 20-25.

9. После скольких надавливаний проводится сильный вдох, если реанимацию проводит один человек? *Ответы:* а) через 5 надавливаний 2 сильных вдоха; б) через 10 надавливаний 2 сильных вдоха; в) через 15 надавливаний 2 сильных вдоха; г) через 20 надавливаний 2 сильных вдоха; д) через 25 надавливаний 2 сильных вдоха.

10. После скольких надавливаний проводится сильный вдох, если реанимацию проводят два человека? *Ответы:* а) через 5 надавливаний 1 вдох; б) через 10 надавливаний 1 вдох; в) через 15 надавливаний 1 вдох; г) через 20 надавливаний 1 вдох.

11. Выбрать признаки эффективного массажа сердца: *Ответы:* а) расширение зрачков, светобоязнь; б) бледность кожных покровов; в) восстановление самостоятельного дыхания; г) появление пульса на сонных, бедренных артериях; д) сужение зрачков.

12. Указать последовательность оказания первой медицинской помощи. *Ответы:* а) обработать раны и наложить повязки; б) остановить угрожающее жизни кровотечение; в) если не прощупывается пульс, то одновременно с искусственным дыханием проводить непрямой массаж сердца; г) при отсутствии дыхания – приступить к искусственному дыханию.

13. Укажите правильную последовательность наложения кровоостанавливающего жгута. *Ответы:* а) кожу на месте наложения жгута обернуть бинтом или на подкладку и т.п. б) прикрепить записку с указанием времени наложения жгута; в) надёжно закрепить наложенный жгут; г) поврежденную конечность приподнять кверху; д) сделать первый оборот жгута, затянуть его, чтобы остановилось кровотечение.

14. На какой максимальный срок можно накладывать кровоостанавливающий жгут летом? *Ответы:* а) не более 2-х минут; б) не более 2-х часов; г) не более 2-х суток.

15. Как правильно наложить кровоостанавливающий жгут? *Ответы:* а) не изменяют положение конечности; б) жгут накладывают на голое тело; в) накладывать жгут только на конечность выше раны и поближе к ней; г) накладывать жгут на конечность на 3-4 часа.

16. При открытом переломе перед иммобилизацией необходимо: *Ответы:* а) вправить в рану торчащий отломок; б) положить холод на место перелома; в) не шевелить сломанную конечность, все оставить, как есть, создав костям наибольший покой, наложить шину; г) дать пострадавшему антибиотики; д) наложить асептическую повязку; е) создать покой пострадавшему; ё) быстро доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

17. Выбрать признаки травматического шока. *Ответы:* а) бледная холодная и влажная кожа; б) редкий пульс; в) редкое дыхание; г) спутанное сознание; д) слюнотечение; е) вялость и апатичность.

18. Выбрать, какие меры (принципы) первой помощи необходимо предпринимать при травматическом шоке. *Ответы:* а) введение антибиотиков; б) уменьшение болей (иммобилизация, введение обезболивающих); в) прием жаропонижающих средств; г) бережная транспортировка в лечебное учреждение; д) полноценное питание; е) дача внутрь жидкости.

19. Оказание неотложной помощи при аллергическом шоке. *Ответы:* а) усадить больного; б) дать внутрь жидкость; в) прекратить контакт с аллергеном; г) наложить на рану повязку; д) уложить больного и зафиксировать язык.

20. Выбрать предвестники обморока. *Ответы:* а) мелькание «мушек», «хлопьев снега» в глазах; б) учащение пульса; в) повышение температуры тела; г) расстройство стула; д) потеря сознания на месте происшествия; е) головокружение и поташнивание.

21. Укажите правильный порядок оказания неотложной помощи при обмороке. *Ответы:* а) усадить больного на стул; б) расстегнуть воротник, ослабить поясной ремень, галстук; в) оставить в закрытом помещении; г) приложить холод к голове; д) уложить на спину с несколько опущенной головой; е) поднести к носу ватку с нашатырным спиртом; ё) вынести на свежий воздух или распахнуть окно.

22. Время развития синдрома сдавливания при извлечении пострадавшего из-под завала: а) достаточно 20–30 минут; б) не менее 1–2 часов; в) 2–3 часа; г) не менее 4–6 часов.

23. Признаки синдрома длительного сдавливания. *Ответы:* а) повышение температуры, отеки, кровотечение; б) посаженные конечности холодные на ощупь, бледные с синюшным оттенком, чувствительность снижена (отсутствует), отек, боль; в) повышение температуры, боль, покраснение конечности; г) кровотечение, холодные пораженные конечности, судороги.

24. Оказание помощи при синдроме длительного сдавливания. *Ответы:* а) извлечь пострадавшего из-под обрушившихся тяжестей, наложить жгуты на повреждённые конечности, холодные повязки, иммобилизация повреждённых конечностей, противошоковые мероприятия; б) наложить асептические повязки на повреждения, извлечь из-под тяжестей, противошоковые мероприятия; в) противошоковые мероприятия, жгуты на повреждённые конечности, извлечь из-под тяжести, иммобилизация поврежденных конечностей, г) извлечь из-под обрушившихся тяжестей, асептические повязки, противошоковые меры, иммобилизация повреждённых конечностей, наложение жгутов.

25. Для чего надо накладывать жгуты на повреждённые конечности при синдроме длительного сдавливания? *Ответы:* а) для остановки кровотечения, б) для иммобилизации поврежденных конечностей; в) для борьбы с шоком; г) для предотвращения поступления ядовитых продуктов распада в кровь.

26. Выбрать признаки тяжелой травмы и опасного состояния. *Ответы:* а) кровотечение; б) рвота; в) высокая температура; г) слабый пульс или его отсутствие; д) понос.

27. Выбрать признаки ушиба сустава. *Ответы:* а) резкая деформация в области сустава; б) значительное нарушение функции сустава; в) «хруст» при пальпации костей; г) припухлость.

28. Выбрать признаки вывиха. *Ответы:* а) сильное кровотечение; б) отсутствие активных и невозможность пассивных движений; в) повреждение кожных покровов в области сустава; г) патологическая (ненормальная) подвижность кости; д) изменение формы сустава.

29. Оказание доврачебной помощи при вывихе. *Ответы:* а) вправление вывиха; б) тугое бинтование; в) иммобилизация конечности в том положении, которое она приняла после травмы; г) тепло на область поврежденного сустава.

30. Что относится к термическим воздействиям? *Ответы:* а) испуг, электрический ток, воздействие температуры; б) воздействие газа, кислоты, щелочи; в) воздействие высокой и низкой температуры; г) стресс, радиоактивное излучение, ранение.

31. Количество степеней ожога. *Ответы:* а) 2; б) 5; в) 3; г) 4.

32. Характерные признаки ожога первой степени. *Ответы:* а) покраснение, пузыри, резкая боль обожженных участков; б) боль, корочки-струнья, омертвление кожи; в) покраснение, отек обожженных участков кожи, боль; г) боль, обугливание кожи, подкожной клетчатки и подлежащих тканей.

33. Что можно сделать при термическом ожоге с образованием пузырей и тканевой жидкости? *Ответы:* а) обработать место ожога 3% раствором борной кислоты; б) наложить стерильную повязку; в) обработать место ожога 5% раствором йода; г) вскрыть пузыри; д) смазать жиром (вазелином мазью); е) обработать 33% раствором спирта.

34. Что относится к химическим воздействиям? *Ответы:* а) воздействие кислоты, щелочи; б) стресс, радиоактивное излучение, ранение; в) удар, сдавление, растяжение, сотрясение, ранение; г) воздействие высокой и низкой температуры.

35. При ожоге кислотой кожных покровов нужно: *Ответы:* а) промокнуть места ожога стерильной ватой или марлей; б) промыть струей воды, затем смочить 3% раствором борной кислоты; в) промыть струей воды, затем смочить раствором уксусной эссенции; г) промыть струей воды, обмыть 2% раствором пищевой соды, наложить сухую повязку.

36. При ожоге щелочью кожных покровов нужно: *Ответы:* а) промокнуть места ожога стерильной ватой или марлей; б) промыть струей воды, обмыть 2% раствором борной (лимонной) кислоты, столового уксуса; в) промыть струей воды, обмыть 2% раствором пищевой соды; г) смазать места ожога вазелином (жиром мазью).

37. Какие правила следует соблюдать при снятии одежды с пострадавшего? *Ответы:* а) если одежда пристала к ране, её нельзя отрывать, а нужно обрезать вокруг раны; б) одежда с пострадавшего снимается, начиная с боль-

ной стороны; в) при сильном кровотечении быстро снять одежду с места ранения; г) при травмах голени и стопы бережно снять (начиная с пятки) обувь; д) пострадавший самостоятельно снимает одежду и обувь.

38. Признаки поражения хлором: *Ответы:* а) чувство жажды; б) сильная боль в конечностях; в) развивается отёк лёгких, иногда – пневмония; г) покраснение кожи; д) пульс частый, слабый, сердечная слабость; е) общее возбуждение, страх, потеря координации движения; ё) повышение температуры тела.

39. Последовательность проведения необходимых мероприятий в очаге химического поражения. *Ответы:* а) непрямой массаж сердца; б) надеть противогаз; в) ввести антидот; г) обработать кожу содержимым ИПП; д) частичная санитарная обработка ИПП; е) применить искусственное дыхание; ё) при поражении аммиаком обработать кожу раствором кислот; ж) при поражении хлором обработать кожу раствором питьевой соды; з) вынести пострадавшего из очага химического поражения.

40. Как помочь человеку, пострадавшему от молнии? *Ответы:* а) не торопиться с оказанием первой помощи; б) немедленно начать прямой массаж сердца и искусственное дыхание «изо рта в рот» или «изо рта в нос»; в) надеть на пострадавшего противогаз; г) своевременно и правильно проводимые реанимационных мероприятий помогут спасти жизнь пострадавшего; д) транспортировать пострадавшего в больницу на носилках в положении на боку.

41. Что является причиной смерти при электротравме? *Ответы:* а) кровотечение; б) болевой шок; в) остановка сердца и дыхания; г) разрыв внутренних органов.

42. Как следует оказывать помощь при поражении электрическим током? *Ответы:* а) оценить состояние (при необходимости – оживлять), наложить асептические повязки, отключить ток; б) отключить пострадавшего от тока, оценить состояние (при необходимости оживлять), наложить асептические повязки на места ожогов; в) отключить пострадавшего от тока, наложить асептические повязки на ожоги, оживлять; г) наложить асептические повязки, принять меры по оживлению, отключить пострадавшего от тока.

43. Какой вид утопления встречается наиболее часто? *Ответы:* а) асфиксическое; б) вторичное; в) истинное; г) рефлекторное.

44. Последовательность первой помощи при первичном утоплении: *Ответы:* а) сердечно-легочная реанимация (непрямой массаж сердца, искусственная вентиляция лёгких); б) противошоковые мероприятия; в) дать понюхать нашатырный спирт; г) растереть водкой, противосудорожная терапия; д) извлечь из воды, очистить полость рта от содержимого; е) быстро прекратить искусственную вентиляцию лёгких; ё) растереть кожные покровы, обернуть сухим одеялом.

45. Как помочь человеку при гипертоническом кризе? *Ответы:* а) отправить больного в поликлинику; б) напоить горячим кофе или чаем; в) приложить тепло к стопам; г) усадить больного; д) дать таблетку, назначенную врачом, предпочтение отдают быстродействующим сосудорасширяющим



препаратам; е) приложить горчичники к затылку; ё) при носовом кровотечении приложить холод к переносице; ж) вызвать «Скорую медицинскую помощь».

46. Сколько различают степеней тяжести лучевой болезни? *Ответы:* а) 2; б) 7; в) 4; г) 3.

47. Меры профилактики лучевой болезни (указать правильную последовательность проведения). *Ответы:* а) дать пострадавшему выпить адсорбирующие средства – адсобар или активированный уголь; б) промыть слизистые и открытые кожные покровы водой, снять верхнюю одежду; в) поднести к носу ватку с нашатырным спиртом; г) принять таблетку йодида кальция (или выпить три капли настойки йода, разведенного в стакане воды); д) наглухо застегнуть на все пуговицы и крючки своей одежды; е) защитить глаза с помощью очков-консервов; ё) немедленно надеть респиратор (противогаз, противопылевую тканевую маску или ватно-марлевую повязку); ж) после вывода из опасной зоны – помыться и сменить одежду; з) провести дозиметрический контроль загрязнённости тела; и) срочно транспортировать пострадавшего в лечебное учреждение.

## 4.5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НЕФТЬЮ И ПРОВЕДЕНИЕ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ ПОСЛЕ АВАРИИ НА НЕФТЕПРОВОДЕ<sup>87</sup> (2 часа)

Загрязнение окружающей среды нефтью приводит к потере продуктивности земель, деградации растительности и т. д. Ни один другой загрязнитель не может сравниться с нефтью по широте распространения, количеству источников загрязнения, величине единовременных нагрузок на все компоненты природной среды. Под влиянием нефти почвы и грунты приобретают неблагоприятные структурные и физико-химические свойства и служат постоянным вторичным источником загрязнений воды, воздуха, растений и животных.

В незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов колеблется от 0,01 до 0,1 мг/л, в реках и озерах от 0,01 до 2 мг/л, иногда 1–1,5 мг/л. Максимальная безопасная концентрация нефтепродуктов в почве и грунте, не требующая мероприятий по санации, не более 1000–10000 мг/кг. Такой уровень загрязнения почв и грунтов в течение года снизится до безопасного уровня. При уровне загрязнения > 10000 мг/кг требуется рекультивация и санация.

---

<sup>87</sup> Методика, разработанная Е.К. Смирновой, Н.Ф. Макаревич, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение экологических чрезвычайных ситуаций». / ч 2. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 92–112.

**Цель работы:** ознакомиться с методикой определения уровня загрязнения грунтовых вод нефтью и способами очистки природных вод от нефтепродуктов; определить концентрацию нефти в грунтовых водах, после аварии на нефтепроводе, с помощью хромато-масс-спектрометрии, методом внутренней нормализации; дать экологическую оценку состояния грунтовой воды и выбрать оптимальную технологию проведения рекультивационных работ на местности.

**4.5.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить материалы, изложенные в методичке. 2) Выбрать и записать в тетрадь исходные данные своего варианта в таблице 4.4.1 Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 3) Приступить к выполнению работы.

#### 4.5.2 Общие положения

Влияние загрязнения нефтью на природную среду зависит от содержания в почве, водной и воздушной средах легкой фракции (НК – 200 °С); циклических углеводородов; твердых парафинов; смол, асфальтенов и серы. В легкую фракцию входят наиболее простые по строению низкомолекулярные метановые (алканы), нафтеновые (циклопарафиновые) и ароматические углеводороды.

*Метановые углеводороды* – углеводороды, растворимые в воде, легко проникают в клетки организмов через мембраны и дезорганизуют их деятельность. С этим связывают сильное их токсическое действие на живые организмы. *Твердые метановые углеводороды* (парафин) нефти (в количестве от очень маленьких величин до 15–20%) – не токсичны для живых организмов, но благодаря высоким температурам застывания (+18 °С и выше) и растворимости переходит в твердое состояние, лишая нефть подвижности.

*Циклические углеводороды* – нафтеновые (циклоактаны) и ароматические углеводороды (арены). Общее содержание нафтеновых углеводородов в нефти от 35% до 60%.

Содержание *ароматических углеводородов* в нефти изменяется от 5% до 55%, чаще всего от 20% до 40%. Основную массу ароматических структур составляют моноядерные углеводороды – гомологи бензола. Моноядерные углеводороды – *бензол и его гомологи* оказывают более быстрое токсическое воздействие на организмы, чем полициклические углеводороды. *Полициклические ароматические углеводороды* (ПАУ), т.е. углеводороды, состоящие из двух и более ароматических колец, содержатся в нефти в количестве от 1 до 4%. ПАУ медленно проникают через мембраны, они действуют более длительное время, являясь хроническими токсинами.

Среди голаядерных ПАУ 3,4-бензопирен (БП) – представитель канцерогенных веществ. В сырой нефти, не подвергавшейся значительному термическому воздействию БП, обнаруживается редко, количество его возрастает в продуктах переработки нефти.

Ароматические углеводороды – наиболее токсичные компоненты нефти. В концентрации всего 1% в воде они убивают все водные растения. Нефть, содержащая 38% ароматических углеводородов, угнетает рост высших расте-

ний. Известно, что с увеличением ароматичности нефти увеличивается ее гербицидная активность.

*Смолы* представляют собой вязкие вещества, в них содержится больше водорода и меньше углерода, чем в асфальтенах. *Асфальтены* – продукты конденсации 2–3 молекул смол. Это твердые вещества, не растворимые в низкомолекулярных углеводородах.

Смолы и асфальтены содержат основную часть микроэлементов нефти, в том числе все металлы. Общее содержание микроэлементов в нефти – сотые и десятые доли %. С экологической точки зрения микроэлементы можно разделить на 2 группы: нетоксичные и токсичные. Нетоксичные и малотоксичные Si, Fe, Al, Mn, Ca, P составляют большую часть золы нефти. Другие микроэлементы (V, Ni, Co, Pb, Cu, U, As, Hg, Mo) оказывают токсическое воздействие на биоценоз.

Соединения *серы* содержится в нефти в количестве от следов до 5–6%. Оказывают вредное влияние на живые организмы. Особенно сильным токсическим действием обладают сероводород и меркаптаны. Сероводород – это сильный нейротоксикант, вызывающий отравление и летальный исход при концентрациях в воздухе  $> 1$  мг/л. ПДК сероводорода в воздухе в присутствии углеводородов –  $3 \text{ мг/м}^3$ .

#### 4.5.2.1 Методы аналитического определения нефтепродуктов

Основным методом определения концентрации органических веществ в пробах окружающей среды является метод хроматографии и его разновидность – хромато-масс-спектрометрия. Объединяющий два разных аналитических метода: хроматографию и масс-спектрометрию.

Хроматограф служит для разделения исследуемой смеси на отдельные компоненты, которые затем анализируются масс-спектрометром. Разделение основано на многократном перераспределении молекул между двумя фазами: подвижной и неподвижной. Подвижная фаза может быть газ (газовая хроматография) или жидкость (жидкостная хроматография).

*Газовая хроматография* (ГХ) – распространенный метод благодаря чувствительности, скорости, универсальности, возможности качественного и количественного анализа. Газовая хроматография позволяет разделять смеси соединений разных классов, разного физического состояния, разной молекулярной массы от 2 до 1500 при температурах от  $-70$  до  $500$  °С.

Газохроматографическая система включает колонку с неподвижной фазой, источник газа-носителя, узел ввода образца, термостат колонки, устройства регулирования температуры и потока газа. Разделение смеси происходит в хроматографической колонке (набивной, микронабивной или капиллярной). После разделения смеси в колонке разделенный поток направляется в ионный источник масс-спектрометра. Последний генерирует ионы из молекул анализируемых веществ и формирует ионный пучок для последующего анализа ионов по атомным массам. Они анализируются по величине  $m/z$ , (масса/заряд), образуя масс-спектр – своего рода отпечаток пальца для данного вещества в виде штрихового спектра. Идентифицируют вещества, сравнивая

спектр неизвестного вещества с известными спектрами из банка данных компьютера.

Примером такого хромато-масс-спектрометра, может служить мобильный масс-спектрометр ММ-1. С его помощью можно анализировать воздух, почву, пыль, органические и водные растворы с помощью различных сменных пробоотборников. Результатом анализа прибора является хроматограмма, где каждый пик соответствует одному определенному веществу. Площадь пика зависит от концентрации этого вещества, а время выхода из газохроматографической колонки является для каждого вещества величиной постоянной и говорит о присутствии в смеси какого-то конкретного вещества (рис. 4.5.2).

Если необходимо проанализировать жидкую пробу, то проба наливают в газопромывную склянку в которой имеется молекулярный фильтр-«фритта» с размером пор, через которые проходят только молекулы газообразных веществ (см. рис. 4.5.1).

При помощи насоса закачивают в течение 15 минут со скоростью 300 мл/мин через фильтр 4 (трубочка с активированным углем) очищенный воздух в газопромывную склянку и фильтр-фритту. Удаленные при этом из жидкости органические вещества улавливаются на выходе адсорбционной (тенакс/активированный уголь) трубочкой – пробоотборником 5, которая затем и помещается в десорбционный блок газохроматографического пробоотборника ММ-1. После термической десорбции органических веществ идет процесс их разделения с помощью капиллярной колонки согласно температурной программы и записывается результирующая хроматограмма.

Разделенные вещества направляются в масс-спектрометр и одновременно записывается масс-спектр. Получаемые хроматограммы и масс-спектры дают информацию о физико-химических характеристиках вещества, а также о молекулярной массе и химической структуре.

Идентификацию соединений в анализируемой смеси проводят путем сравнения полного масс-спектра анализируемого вещества или отдельных пиков в нем с масс-спектрами эталонных соединений из банка данных.

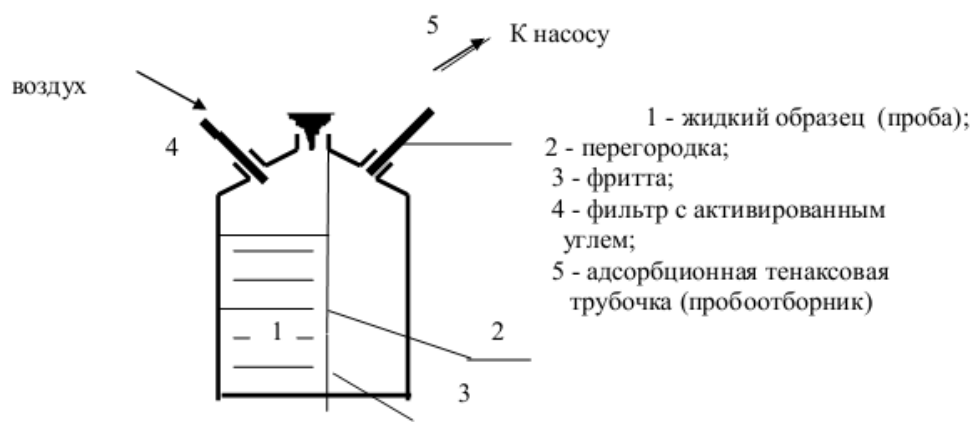


Рис. 4.5.1. Газо-промывная склянка

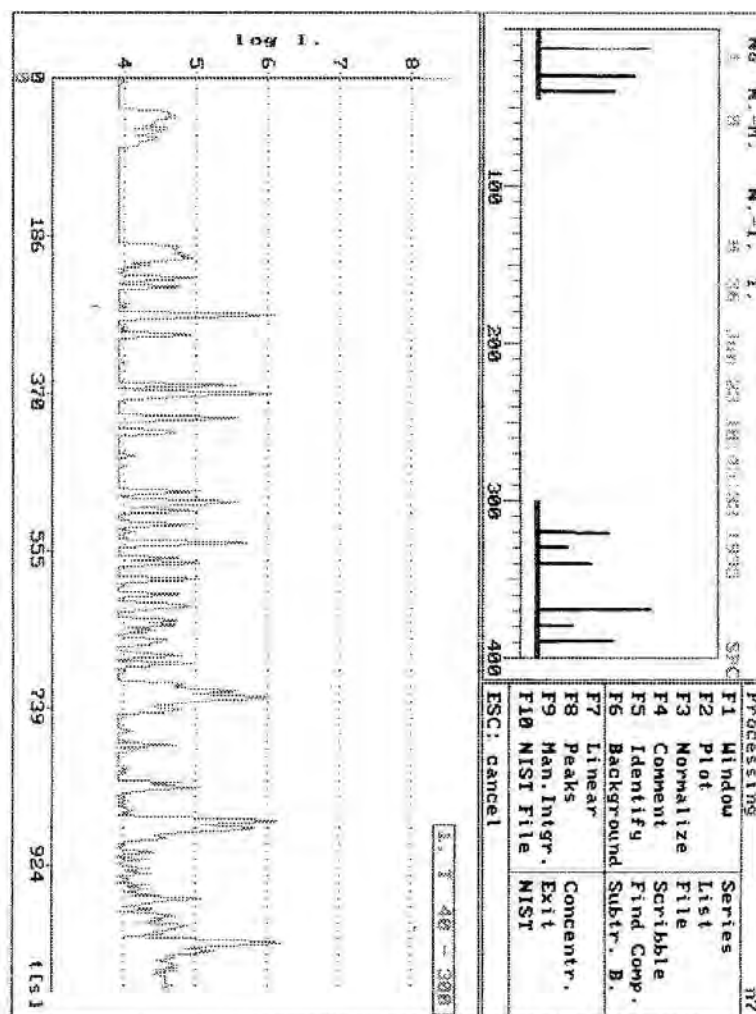


Рис. 4.5.2. Хроматограмма и штриховой спектр пробы

Для проведения количественного определения состава анализируемой смеси необходимо иметься хроматограммы для всех составляющих смесь соединений с известными концентрациями. Построение калибровочных кривых требует наличия стандартных растворов огромного количества соединений, что не всегда возможно.

Поэтому часто используют полуколичественный анализ, применяя метод так называемой «внутренней нормализации», т.е. проводят расчет концентраций веществ по отношению площади конкретного пика на хроматограмме к сумме площадей пиков всех имеющихся на хроматограмме веществ (приняв сумму площадей всех пиков за 100%).

#### 4.5.2.2 Технологии для очистки (рекультивации) грунтовых вод от нефти

*Рекультивация грунтовых вод* – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной ценности загрязненных грунтовых вод и улучшение условий окружающей среды. Задача рекультивации – снизить содержание нефти и находящихся с ней других токсичных веществ в воде до безопасного уровня.

Основные технологии, применяемые для очистки грунтовых вод, можно охарактеризовать общим термином – «откачка и очистка», поскольку они предусматривают откачку воды на поверхность с целью удержания факела

загрязнения. Очистку осуществляют перед сбросом воды обратно в грунт, либо в дренажную систему (канализацию или водоток).

1. *Метод адсорбции на уголь* – адсорбция загрязняющих веществ на гранулированный активированный уголь (ГАУ) при пропускании загрязненного потока воды через последовательность реакторов с ГАУ. Концентрация растворенного вещества во входном потоке, при которой очистка эффективна, составляет 10 мг/л, а верхний ее предел – 1%. Взвешенные твердые вещества размером 20–25 мкм удаляют фильтрацией до подачи в угольные секции.

Порошок угля помещают в бак. Поток носителя движется сверху вниз через две или более секции, установленные последовательно. Когда происходит насыщение угля, секцию удаляют, а следующая секция перемещается на первую позицию. При насыщении активированного угля, его захоранивают, используют терморегенерацию или регенерацию паром и очень горячим воздухом для удаления веществ с его поверхности.

Метод дает высокую степень очистки при больших финансовых затратах. Применяется для очистки грунтовых вод с небольшими концентрациями вредных веществ и для обеспечения высоких уровней очистки.

2. *Метод биореактора* – удаление нефтепродуктов из водной среды в присутствии кислорода (аэробные условия) или отсутствии кислорода (анаэробные условия) при помощи микробиологического расщепления.

Аэробные процессы. Питательные вещества и кислород добавляются в реактор во время очистки и интенсивно перемешивают для ускорения биологической реакции.

1. Загрязненные грунтовые воды циркулируют в насыщенном газом резервуаре, в котором популяция микробов аэробно расщепляет органическое вещество и производят новые клетки. Новые клетки образуют шлам, который попадает в фильтр. Биомасса шлама возвращается в насыщенный газами резервуар. Такую систему называют системой с активным шламом.

2. В биологических контакторах и струйных фильтрах микроорганизмы помещаются в инертную матрицу для аэробного расщепления веществ загрязняющих грунтовые воды.

3. Комбинированная система использует системы 1 и 2 совместно. Она обеспечивает более высокую скорость и эффективность биологического расщепления. Метод называют *анаэробным вывариванием*. В «варочном котле» биологический процесс протекает в отсутствие кислорода. Сопровождается разрушением углеводов. Молекулы преобразуются из сложных в более простые и, в конце концов, – в двуокись углерода и метан. Процесс обеспечивается организмами, которые разрастаются в результате катаболического процесса и захватывают энергию углеводов для роста и репродукции определенными ферментами.

Затраты на очистку биометодом зависят от типа загрязняющих веществ и их концентраций во входящем потоке обрабатываемой воды. Биологическая обработка более экономичная, чем адсорбция с помощью угля.

4. *Окисление под действием ультрафиолета (УФ)* – окисление под действием ультрафиолетовых лучей, комбинация двух методов, при которых уг-

леводороды химически распадаются на двуокись углерода и воду. Методика эффективна только для прозрачных потоков воды.

Система окисления под действием УФ лучей состоит из четырех основных компонентов или модулей: 1) модуль резервуара для обработки или реактор, содержащий УФ лампы и диффузоры озона; 2) генератор озона с модулем сжатого воздуха; 3) система химического обеспечения внедрения в реактор перекиси водорода; 4) устройство расщепления каталитического озона для обработки отходящего газа и удаления неиспользованного озона.

Стоимость процесса достаточно велика, что связано с использованием сложного оборудования, необходимости предварительной обработки входящего потока, из-за присутствия взвешенных частиц, стоимости перекиси водорода и озона, а также расходов на электроэнергию.

#### 4.5.3 Практическая часть

Определение концентрации нефтепродуктов в пробе грунтовой воды методом хромато-масс-спектрометрии: 1) В газо-промывную склянку наливается 200 мл пробы грунтовой воды. 2) При помощи переносного насоса SKS в течение 4 минут пропускается через склянку очищенный активированным углем воздух (скорость – 300 мл/мин). Удаленные из воды органические вещества адсорбируются на тенаксовом наполнителе трубочки (см. рис. 4.5.2). 3) После окончания прокачки трубочку с адсорбированными на ней веществами взвешивают на аналитических весах. Массу трубочки  $m_1$  записывают (см. табл. 4.5.1).

Адсорбцию на пробоотборники повторяют для всех проб. Трубочку с адсорбированными веществами вставляют в десорбционный<sup>88</sup> блок хромато-масс-спектрометра ММ-1 и включают температурно-временную программу. По завершении программы трубочку извлекают из десорбционного блока и взвешивается. Массу  $m_2$  записывают (см. табл. 4.5.1).

На основе полученных хроматограмм и масс-спектрограмм с помощью библиотечных данных ММ-1, производят идентификацию веществ, имеющих в анализируемой пробе.

Записывают названия идентифицированных веществ и площадь их пиков по хроматограммам. (табл. 4.5.2).

Рассчитать концентрацию ароматических углеводородов нефти и общее количество нефти в пробе грунтовой воды, используя исходные данные из табл. 4.5.3.

Запишите выводы в табл. 4.5.6, внося в нее полученные расчетные результаты.

---

<sup>88</sup> Процесс десорбции веществ из трубочки, их разделение в хроматографической колонке и детектирование веществ в масс-спектрометре в среднем продолжается от 30 до 60 минут. В течение этого времени автоматически записываются хроматограммы и спектрограммы анализируемых веществ.

Таблица 4.5.1.

**Исходные данные для определения массы адсорбированных на  
трубочке-пробоотборнике нефтепродуктов**

№ пробы	Объем пробы V, л	Масса трубочки с адсорбированными веществами, m <sub>1</sub> , г	Масса трубочки после десорбции, m <sub>2</sub> , г	Пределы загрязнения стока (пределы очистки воды)
1	0,2	6,338	6,336	низкие
2	0,2	6,5448	6,542	средние
3	0,2	6,2216	6,220	высокие
4	0,2	6,3101	6,310	очень высокие

Таблица 4.5.2.

**Площади пиков ароматических углеводородов  
(по хроматограмме)**

Наименование вещества	Площадь пика, S кв. ед.			
	проба №1	проба №2	проба №3	проба №4
бензол	1783004	684257	2914444	234932
толуол	5339589	4117262	2106081	1797089
этилбензол	1208561	1281370	834317	910436
ксилол	3996883	4281479	1895483	1560433
все остальные	52786990	31633213	29558941	23342844

Рассчитать по разнице в массе трубочки до хроматографии и после (m<sub>1</sub> и m<sub>2</sub>) суммарную массу углеводородов нефти, адсорбированных на трубочке для одной пробы воды (исходные данные в табл. 4.5.1 и 4.5.3)

$$m_x = (m_1 - m_2) \cdot 1000, \text{ мг}, \quad (4.5.1)$$

где m<sub>1</sub> – масса трубочки с адсорбированными веществами в г; m<sub>2</sub> – масса трубочки после десорбции в г.

Рассчитать, используя полученные данные, общую концентрацию углеводородов нефти в пробе по формуле:

$$C_x = m_x / V, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.5.2)$$

где V – объем пробы в л (V = 0,2 дм<sup>3</sup>).

Исходя из исходных данных из таблиц 4.5.1, 4.5.2 и 4.5.3, рассчитать массовую долю m<sub>x1</sub> в пробе для одного из низкокипящих ароматических углеводородов по формуле:

$$m_{x1} = m_x \cdot S_{\text{пика вещества}} / \sum S, \text{ мг}, \quad (4.5.3)$$

где S<sub>пика вещества</sub> площадь пика данного вещества на хроматограмме (таблица 4.5.2), ∑S – суммарная площадь пиков всех веществ в пробе по хроматограмме (табл. 4.5.2).

Рассчитать концентрацию данного вещества в пробе по формуле:

$$C_{x1} = m_{x1} / V, \text{ мг/дм}^3, \quad (4.5.4)$$



Таблица 4.5.3.

**Исходные данные по вариантам**

<b>№ варианта</b>	<b>№ пробы</b>	<b>Наименование вещества</b>
1	1	бензол
2	2	толуол
3	3	этилбензол
4	4	ксилол
5	1	ксилол
6	2	этилбензол
7	3	толуол
8	4	бензол
9	1	этилбензол
10	2	толуол
11	3	ксилол
12	4	бензол
13	1	бензол
14	2	толуол
15	3	этилбензол
16	4	ксилол
17	1	ксилол
18	2	этилбензол
19	3	толуол
20	4	бензол
21	1	этилбензол
22	2	толуол
23	3	ксилол
24	4	бензол
25	1	ксилол
26	2	бензол
27	3	бензол
28	4	толуол
29	1	этилбензол
30	2	ксилол

Дать экологическую оценку состояния грунтовой воды и выбрать оптимальную технологию очистки загрязненных нефтью грунтовых вод: 1) Начертить для выводов табл. 4.5.6. 2) Выбрать технологию рекультивации загрязненных нефтью грунтовых вод, используя следующие данные: пределы загрязнения стока, т.е. пределы очистки воды, заданные в табл. 4.5.1, полученную расчетную концентрацию нефти  $C_x$  ( $C_x$  – загрязнение в притоке) и справочные данные (значения ПДК) из табл. 4.5.4.

Таблица 4.5.4

**Значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) и  
классы опасности для ароматических углеводородов**

Название вещества	ПДК, мг/л	Класс опасности	Примечание
бензол	0,5	2	1 класс – чрезвычайно опасные вещества
толуол	0,5	4	2 класс – высоко опасные вещества
этилбензол	0,01	4	3 класс – опасные вещества
ксилол	0,05	3	4 класс – умеренно опасные
нефть	0,3	4	4 класс – умеренно опасные

Таблица 4.5.5

**Варианты технологий очистки грунтовых вод от нефти, в  
зависимости от концентраций в притоке и необходимой степени очистки  
грунтовой воды**

Концентрация загрязнения в притоке	ПДК загрязнений стока (мг/дм <sup>3</sup> )			
	низкие <0,001	средние 0,001– 0,005	высокие 0,005–0,05	очень высокие >0,05
низкие < 0,5 мг/ дм <sup>3</sup>	УС <sup>89</sup>	УС, УФ	УС, УФ, БР	УС
средние 0,5-5,0 мг/ дм <sup>3</sup>	УС	УС, УФ, БР	БР, УФ	УС
высокие (>5,0 мг/ дм <sup>3</sup> )	УС	УС, БР	БР, УФ	УС

Записать выбранный метод рекультивации в табл. 4.5.6. Обосновать свой выбор. 3) Сравнить полученные расчетные концентрации нефти и ароматического углеводорода со значениями их ПДК, дать оценку состояния грунтовых вод (результаты внести в табл. 4.5.6).

### ВЫВОДЫ

о выполнении работы по теме «Определение уровня загрязнения грунтовых вод нефтью и проведение рекультивационных работ после аварии на нефтепроводе» студента \_\_\_\_\_ учебной группы. Вариант № \_\_\_\_\_

Таблица 4.5.6

Характеристики опыта	Результат
№ пробы	
Масса трубочки с адсорбированными веществами, $m_1$ , г	
Масса трубочки после десорбции, $m_2$ , г	
Пределы загрязнения стока	
Масса адсорбированного вещества, $m_x$ , г	

<sup>89</sup> УС – угольный слой (активированный уголь), УФ – ультрафиолет, БР – биологический реактор.

Суммарная площадь пиков в пробе, $\Sigma$	
Площадь пика ароматического углеводорода и его наименование	
Общая концентрация нефтеуглеводородов в пробе, Сх, мг/ дм <sup>3</sup>	
Концентрация заданного вещества в пробе, Сх <sub>1в</sub> , мг/ дм <sup>3</sup>	
Превышение концентрации вещества в пробе по сравнению с ПДК	
Выбранная технология очистки грунтовой воды от нефтеуглеводородов (по нефти – Сх)	

## 4.6 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОЦЕНКА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ<sup>90</sup> (2 часа)

**Цель работы:** Количественное определение содержания свинца в районе техногенного загрязнения и экологическая оценка состояния почвы придорожной полосы автомобильной дороги. Предложения по снижению содержания свинца в почве, прилегающей к автостраде.

**4.6.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить методику исследования и получить у преподавателя исходные данные для своего варианта. 2) Выполнить необходимые расчеты по методике и оформить работу. 3) Быть готовым к ответам на вопросы к зачету по настоящему занятию.

#### 4.6.2 Общие положения

Тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Основными источниками эмиссии тяжелых металлов являются индустриальные центры, промышленные города и автотранспорт. Чем крупнее город, больше мощности и сроки деятельности его предприятий, тем сильнее его негативное влияние на природную среду.

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду происходит вследствие их техногенного рассеивания. Пути техногенного рассеивания тяжелых металлов многообразны, наиболее значимым является выброс в атмосферу при высокотемпературных технологических процессах (металлургия, химическая промышленность, сжигание топлива, обжиг цементного сырья и т.д.). Только в результате работы металлургических предприятий на поверхность земли ежегодно поступает не менее 154650 т Cu, 1215000 т Zn, 89000 т Pb, 120000 т Ni, 765 т Co, 30,5 т Hg. Вследствие сжигания угля и нефти в атмосферу ежегодно поступает 3600 т Pb, 7000 т Zn, 3700 т Ni, 2100 т Cu, 1600 т Hg. Интенсивное рассеивание тяжелых металлов происходит также с выхлопными газами автотранспорта: на земную поверхность попадает 260000 т Pb в год, что почти в три раза превосходит количество этого элемента, поступающего в почву от металлургических предприятий. Среди городов Бела-

<sup>90</sup> Методика, разработанная Г.И. Морзак, Т.А. Реут, Н.Ф. Макаревич приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение экологических чрезвычайных ситуаций». / ч 2. Минск: Изд-во БНТУ. 2006–С. 40–58.

руси наибольший объем выбросов тяжелых металлов в 1994 г. был в г. Минске – 274,3 тыс. т.

Вклад автотранспорта в суммарный выброс по городу составил 72,7%. Тяжелые металлы присутствуют в отработанных газах в виде мельчайших частиц размером 4–8 мкм, которые длительное время сохраняются в атмосфере.

Основная масса техногенных выбросов тяжелых металлов локализуется на сравнительно небольшой площади. Радиус ареала техногенного рассеивания металлов вблизи промышленных предприятий составляет от 2–3 км до 20–25 км. Он зависит от мощности предприятия, высоты дымовых труб, химического состава и физических свойств частиц (плотности, формы, гигроскопичности), климатических условий, рельефа местности и др. Ширина загрязнения почв придорожной полосы зависит от характера и интенсивности движения автотранспорта, продолжительности эксплуатации дорог, господствующего ветра и его скорости, рельефа местности, режима атмосферных осадков, температурной инверсии, влажности воздуха, наличия защитных зеленых насаждений.

Накопление тяжелых металлов в почве приводит к связыванию с ними ее питательных веществ, превращению их в недоступные для растений формы, снижению почвенного плодородия и значительному снижению урожайности. В условиях умеренного климата урожай зерновых снижается на 20–30%, свеклы – на 35%, картофеля – на 47%. Повышение концентрации тяжелых металлов в почве вызывает увеличение их содержания в растениях. Выхлопные газы автотранспорта способны вызвать у растений хлороз, свертывание листовой пластинки, появление некротических пятен. Листья деревьев вблизи автострад в дневное время имеют температуру на 2–5 °С выше из-за дополнительного притока радиации.

При оценке загрязнения почв металлами полученные результаты сравнивают как с ПДК, так и с местным фоном. Для Беларуси по свинцу фон – 10 мг/кг, ПДК – 30 мг/кг. Содержание загрязняющих веществ в почвах городов изменяется от минимальных значений близких к фоновым в районах новостроек, до концентраций во много раз превышающих фоновые в зонах влияния промышленных предприятий и в старых обжитых районах городов.

Попадая в организм человека свинец вызывает серьезные поражения органов пищеварения, центральной и периферийной нервной системы и другие тяжелые заболевания. Свинца влияет на нейроповеденческие реакции детей, включая коэффициент умственного развития. Он накапливается в организме человека и практически не выводится.

Мероприятия, снижающие поступление свинца в окружающую среду, можно подразделить на две основные группы: технические и агрономические, или биологические. Техническая группа мероприятий направлена на охрану природной среды от загрязнения выхлопными газами автотранспорта. Они включают в себя замену тетраэтилсвинцовой антидетонационной присадки к бензину на новые, не содержащие этот токсический элемент, перевод транспорта на другие виды двигателей (роторный, инерционный и др.) и

топлива (газ, синтетические спирты, аммиак, водород), создание нового альтернативного электрического транспорта.

Биологические меры защиты направлены не на снижение общего количества свинца, а на снижение его подвижности в почве. Одним из самых эффективных приемов охраны почв и сельскохозяйственных культур от загрязнения свинцом считается посадка вдоль автомагистралей защитных насаждений из кустарников и древесных пород. Так, содержание свинца у овощных культур, выращиваемых вблизи автострады, но защищенных полосой из боярышника и клена полевого (высота 1 м, ширина 3 м) на 30–50% ниже, чем у растений, не испытывающих действие полосы; в саду, закрытом 4-рядной полосой из ели и липы, на расстоянии 50 м от дороги содержание свинца в яблоках не выходит за пределы допустимого, тогда как в незащищенных плодах оно было в три раза выше допустимого; содержание свинца в почве за растительным барьером из 2–3 рядов ели на расстоянии 40 м от автотрассы не превышает 4 мг/кг, тогда как вне барьера на том же расстоянии – 12,7 мг/кг. Защитные полосы должны состоять не меньше, чем из 1 ряда хвойных пород и 2-х рядов высокорослых быстрорастущих лиственных пород (берез, тополей и др.).

Эффективно защищают растения от токсического влияния свинца известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, т.е. закрепление тяжелых металлов в почве (образование в почве трудно растворимых соединений), подбор сельскохозяйственных культур, относительно слабо накапливающих свинец при возделывании их на загрязненных почвах. Вика больше всего поглощает и накапливает свинец в зеленой массе, за ней в убывающем порядке идут кукуруза, горох, клевер, пшеница, овес, ячмень.

Для предохранения организма от токсического влияния свинца рекомендуется зону до 10 м от полотна дороги исключить из сельскохозяйственного пользования, ограничить вблизи магистралей выращивание овощных и плодовых культур. Запрещен выпас молодняка крупного рогатого скота вдоль автострад с интенсивным движением транспорта.

В местах сильного загрязнения поверхности почвы тяжелыми металлами (территории ТЭЦ, гальваническое производство) производят рекультивацию почв с последующей переработкой снятой части земельного покрова, цементирование и использование пуццолан и термопластической обработки. Первый предполагает прямое смешивание отходов с цементом с образованием матрицы отверждения, второй – отверждение отходов на основе извести и известковых продуктов (силикатный или известковый процесс), третий - заливку отходов в матрицу. Эти методы преобразуют тяжелые металлы в нерастворимые производные и превращают их в удобный для утилизации и повторного использования строительный элемент (основание для строительства дорог или фундаментов).

Для принятия мер по снижению содержания свинца и защиты от негативного его влияния определяют концентрацию металла методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

### 4.6.3 Метод атомно-абсорбционной спектроскопии

Метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) основан на резонансном поглощении (абсорбции) света свободными атомами элемента, возникающем при пропускании пучка света через слой атомного пара. Селективно поглощая свет на частоте резонансного перехода, атомы переходят из основного в возбужденное состояние, а интенсивность проходящего пучка света на этой частоте экспоненциально убывает по закону Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kcl}, \quad (4.6.1)$$

где  $k$  – коэффициент поглощения света, зависящий от природы элемента;  $c$  – концентрация элемента;  $l$  – толщина поглощающего слоя, см.

При практических измерениях пользуются значением оптической плотности, или абсорбции ( $A$ ):

$$A = \lg(I_0/I) = kcl. \quad (4.6.2)$$

Измерение оптической плотности производят с помощью спектрофотометрического прибора. Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрофотометра представлена на рис. 4.6.1.

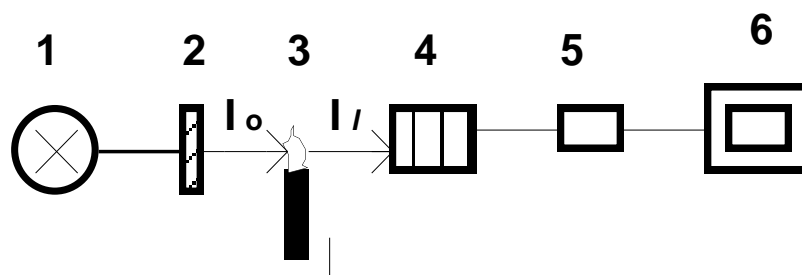


Рис. 4.6.1. Схема атомно-абсорбционного спектрометра

1 – источник излучения; 2 – модулятор; 3 – горелка; 4 – монохроматор; 5 – фотодетектор; 6 – регистрирующее устройство.

Свет от источника резонансного излучения проходит через модулятор, пламя с атомизированной пробой, в которой частично поглощается, затем проходит через монохроматор, попадает на фотодетектор, затем на регистрирующее устройство.

*Для успешного определения концентрации элемента в анализируемой пробе необходимо создать оптимальные условия для разделения молекул на атомы, выделения их в газовую фазу, наблюдения и регистрации в определенных условиях характеристических спектров поглощения.*

Исходя из этих требований, строится вся аппаратура для атомно-абсорбционной спектроскопии.

Источники излучения. В качестве источника излучения используют лампу с полым катодом, представляющую собой стеклянный баллон с кварцевым окном (рис. 4.6.2), заполненный инертным газом.

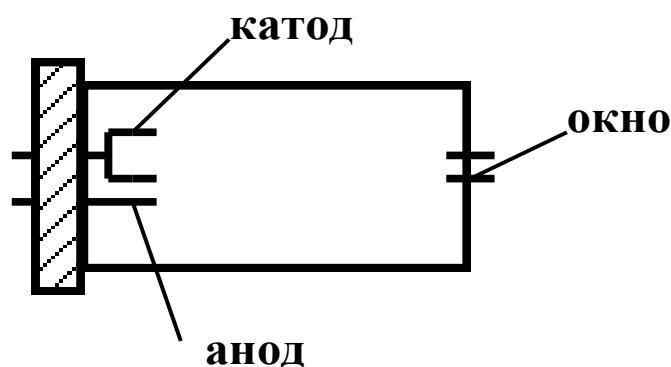


Рис. 4.6.2. Лампа с полым катодом

Цилиндр катода изготовлен из того металла, который нужно определять (иногда цилиндр покрыт этим металлом). На катод и анод, закрепленные в баллоне, подают высокое напряжение. Под действием высоковольтного разряда атомы инертного газа ионизируются, направляются к катоду и выбивают из него атомы металла, которые возбуждаются и испускают излучение с характерным для него линейчатым спектром. Излучение направляют на пламя (или в графитовую кювету), где находятся атомы определяемого элемента, поглощающие резонансное излучение источника. Для определения каждого элемента нужна своя лампа.

Модулятор. Измеряют относительную интенсивность двух потоков излучения. Один из них проходит через атомный пар, другой является потоком сравнения. На эти световые потоки возможно наложение постороннего излучения – флуоресценции атомов исследуемого вещества при возвращении из возбужденного состояния и свечения пламени. Для устранения мешающего влияния этих видов излучения используют модуляцию светового потока. На пути падающего излучения устанавливают модулятор – вращающийся диск с вырезанными сегментами (вращающийся прерыватель) либо вращающийся барабан с отверстиями. При этом, когда прерыватель перекрывает излучение от лампы с полым катодом, на детектор попадает постоянный сигнал от пламени, когда прерыватель открыт, на детектор попадает сигнал от источника, прошедший через пробу, и постоянный сигнал от пламени. Постоянный сигнал отсекают, а переменный усиливают и направляют на регистрирующее устройство.

Образование атомов в пламени. Одним из важнейших узлов атомно-абсорбционного спектрометра является устройство атомизации. В качестве атомизатора подходят лишь те источники, энергии которых хватает для распада вещества на атомы, но не для возбуждения атомов. Количество возбужденных атомов не должно превышать 0,02–0,1% от их общего числа. Этим требованиям удовлетворяют пламенные и электротермические атомизаторы, в которых используется тепловая энергия. Перед атомизацией анализируемый образец переводят в раствор.

Пламенный атомизатор состоит из распылительной камеры и горелки (рис. 4.6.3).

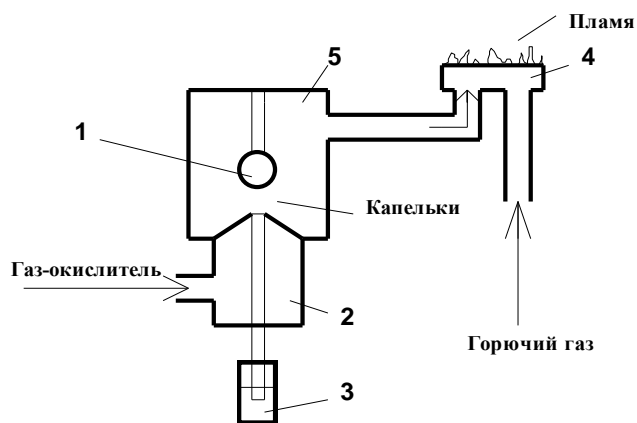


Рис.4.6.3. Система распылитель-горелка:

1 – импактор; 2 – распылитель; 3 – раствор пробы; 4 – горелка; 5 – камера распыления

Таблица 4.6.1.

**Исходные данные для выполнения практической работы**

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
1	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,137	0,134	0,135
2	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,144	0,146	0,142
3	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,154	0,156	0,154
4	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,164	0,167	0,166
5	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,175	0,173	0,172



Продолжение таблицы 4.6.1.

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
6	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,177	0,179	0,179	
7	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,184	0,186	0,187	
8	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,194	0,192	0,193	
9	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,157	0,159	0,159	
10	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,181	0,182	0,183	
11	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,137	0,134	0,135	
12	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,144	0,146	0,142	

Продолжение таблицы 4.6.1.

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
13	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,154	0,156	0,154	
14	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,164	0,167	0,166	
15	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,175	0,173	0,172	
16	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,177	0,179	0,179	
17	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,184	0,186	0,187	
18	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,194	0,192	0,193	
19	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
		<b>Cx</b>	0,157	0,159	0,159	

Продолжение таблицы 4.6.1.

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
20	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,181	0,182	0,183	
21	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,137	0,134	0,135	
22	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,144	0,146	0,142	
23	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,154	0,156	0,154	
24	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,164	0,167	0,166	
25	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,175	0,173	0,172	
26	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>	0,177	0,179	0,179	

Продолжение таблицы 4.6.1.

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения адсорбции			Среднее значение адсорбции
			1	2	3	
27	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,184	0,186	0,187
28	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,194	0,192	0,193
29	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,157	0,159	0,159
30	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	<b>X</b>	<b>Cx</b>		0,181	0,182	0,183

Раствор пробы впрыскивают с помощью распылителя в камеру. Полученное облако капелек в камере распыления сталкивается на своем пути с импактором, на котором большие капли осаждаются либо разбиваются об него на более мелкие. Маленькие капельки уносятся потоком газа–окислителя из камеры распыления в горелку, где они смешиваются с горючим газом. Затем они проходят через узкую щель в торце горелки и при поджигании образуют пламя. Длина щели горелки определяет толщину поглощающего слоя. В качестве окислителя используют закись азота, в качестве горючего газа – ацетилен. Температура пламени этой смеси достигает 3000 К.

При определении следовых количеств элементов используют непламенный атомизатор – графитовую кювету (графитовую трубку). Графитовая трубка быстро нагревается и проба, которая подается дозатором через отверстие в трубке, мгновенно испаряется, заполняя атомным паром трубку. Графитовая трубка находится в среде инертного газа (аргона), что исключает побочные реакции. Время пребывания атомов в трубке 1–1,5 с.

#### 4.6.4 Задание для выполнения

Записать исходные данные для выполнения практической работы, приведенные в табл. 4.6.1.

Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий: 1) Рассчитать степень загрязнения свинцом почвы придорожной полосы (20 м) автомагистрали с интенсивным движением транспорта. 2) Дать экологическую оценку состояния почвенного покрова в исследуемом месте. 3) Предложить меры по снижению содержания свинца в почве с целью использования исследуемой территории под сельскохозяйственные угодья.

#### 4.6.5 Порядок выполнения работы

Рассчитать среднее значение абсорбции по данным трех измерений в соответствии с индивидуальным вариантом по выполнению практической работы. Результаты занести в табл. 4.6.3.

Построить калибровочный график, откладывая по оси абсцисс концентрацию, а по оси ординат среднее значение абсорбции (атомное поглощение) определяемого свинца в растворах.

По построенному графику, зная среднее значение абсорбции анализируемого раствора (из табл. 4.6.1), определить концентрацию свинца  $C_{PbX}$  в анализируемом растворе.

Рассчитать содержание свинца в пробе почвы, исходя из полученной его концентрации в водном растворе, по формуле

$$C_{pb} = C_{PbX} \cdot 100/30,$$

где  $C_{pb}$  – концентрация Pb в почве, мг/кг;  $C_{PbX}$  – концентрация Pb в водной вытяжке, мг/л; 100 – объем раствора водной вытяжки, мл; 30 масса пробы почвы, г.

Сравнить полученный результат с фоновым значением и ПДК свинца в почве. Рассчитать в процентном отношении превышение концентрации свинца над фоновым. Дать экологическую оценку состояния почвы в исследуемой придорожной зоне.

Таблица 4.6.2.

#### Меры защиты почв от загрязнения свинцом

Способы защиты	Степень снижения загрязнения, %
Защитная полоса из боярышника (высота – 1 м, ширина – 3 м)	20–30
2-рядная защитная полоса из лиственных пород деревьев	30–40
2-3-рядная посадка ели	40–55
4-рядная полоса из липы и ели	55–70

Пользуясь табл. 4.6.2 предложить защитные меры с целью возможного использования исследуемой зоны под сельскохозяйственные угодья.

Проанализировать полученные результаты. Сделать вывод к работе.

## ВЫВОДЫ

о выполнении практической работы по теме «Оценка и предупреждение чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением среды тяжелыми металлами» студента \_\_\_\_\_ учебной группы. Вариант № \_\_\_\_\_

Таблица 4.6.3.

Номер задачи	Определялись при решении задач	Единицы измерения	Результат
1	Среднее значение абсорбции по данным трех измерений:		
	А) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 2$ мг/л		
	Б) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 4$ мг/л		
	В) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 6$ мг/л		
	Г) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 8$ мг/л		
	В) стандартного раствора хлорида свинца с $C_x = 10$ мг/л		
2	Концентрация свинца $C_{рвх}$ в анализируемом растворе		
3	Концентрация свинца $C_{рв}$ в пробе почвы		
4	Превышение концентрации свинца $P_v$ над фоновым значением		
5	Экологическая оценка состояния почвы в исследуемой придорожной зоне		
6	Меры защиты почв от загрязнения свинцом		

## 4.7 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ И ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ<sup>91</sup>

(4 часа)

**Цель работы:** ознакомиться со средствами индивидуальной и коллективной защиты и порядком пользования ими.

**4.7.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить настоящие методические материалы. 2) Законспектировать в рабочую тетрадь ответы на следующие вопросы: а) Назначение, классификация убежищ и требования к ним. б) Основные и вспомогательные помещения убежища. Система жизнеобеспечения убежища. Порядок использования убежищ. в) Гражданские и промышленные противогазы и респираторы. Порядок накопления, хранения и выдачи в угрожаемый период. г) Аптечка АИ-2. д) Быть готовым включить одну из си-

<sup>91</sup> Методика, разработанная В.Т. Пустовитом, Т.А. Тавгень приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 4. Минск: Изд-во БНТУ.2006– С. 5–19.

стем убежища, показать порядок использования аптечки АИ-2, надеть противогаз в установленное нормативами время.

#### **4.7.2 Коллективные средства защиты населения**

С появлением ядерного оружия большинство стран мира принимали меры по защите населения в случае его применения. Одним из таких мероприятий было строительство убежищ в городах. Однако из-за дороговизны строительства их количество ограничено (например, в г. Минске 1113 убежищ и метро, построенное также как убежище, их хватает для укрытия только около 60% населения города). Поэтому в угрожаемый период будут дополнительно строить быстровозводимые убежища и простейшие укрытия (открытые и перекрытые щели, окопы, блиндажи и др.), а в сельской местности – противорадиационные укрытия (под них приспособливают погреба, овощехранилища и др.). Уже построенные убежища могут быть использованы и в мирное время в случае некоторых чрезвычайных ситуаций (химическое загрязнение воздуха, задымление местности при лесных пожарах и др.).

##### **4.7.2.1 Убежища**

Убежища – это специальные инженерные сооружения, обеспечивающие защиту людей от воздействия всех поражающих факторов ядерного взрыва, отравляющих веществ, биологических средств, высоких температур, угарного газа при пожарах, а также от обломков разрушающихся зданий. Они строятся на объектах и в городах, имеющих важное экономическое, военное и политическое значение. В убежищах в первую очередь планируется укрывать: 1) руководящий состав органов управления; 2) наибольшую работающую смену объектов в военное время и население, проживающее вблизи убежища; 3) персонал, обеспечивающий жизнедеятельность города в военное время; 4) нетранспортабельных больных и обслуживающий их медицинский персонал; 5) остальное население.

*Классификация убежищ:* 1) По месту в застройке района убежища делятся на встроенные и отдельно стоящие. 2) По времени возведения делятся на заблаговременно построенные и быстро возводимые в особый период. 3) По степени защиты от ударной волны и проникающей радиации убежища делятся на пять классов (табл. 4.7.1). 4) По вместимости убежища делятся на: малой вместимости – до 150 человек; средней вместимости – 150–600 человек; большой вместимости – более 600 человек.

*Основные требования к убежищам:* 1) строить их следует на местности, не подвергающейся затоплению; 2) размещать в местах наибольшего скопления людей с радиусом сбора не более 500 м; 3) встроенные убежища размещать под зданиями наименьшей этажности; 4) отдельно стоящие убежища размещать от ближайших зданий на расстоянии, большем, чем их высота; 5) прокладка транзитных коммуникаций газа, паропроводов, трубопроводов с горячей водой через убежища запрещается; 6) должны обеспечивать надежную защиту от всех поражающих факторов ядерного взрыва, химически опасных веществ, биологических средств, высоких температур;

Таблица 4.7.1.

**Классификация убежищ по степени защиты от ударной волны и радиации**

Класс защиты	Выдерживает избыточное давление $\Delta P_{ф}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Коэффициент ослабления радиации, раз
1	5	5000
2	3	3000
3	2	2000
4	1	1000
5	0,5	300

7) должны иметь аварийные выходы при разрушении входов; 8) возможность использования убежища для коммунально-бытовых нужд в мирное время; 9) должны обеспечивать санитарно-гигиенические условия для людей во время пребывания в них.

*Устройство убежища.* Убежище состоит из основных и вспомогательных помещений. К основным помещениям относят: помещение для укрываемых людей и тамбур-шлюзы (рис. 4.7.1). К вспомогательным помещениям относятся: помещение для фильтровентиляционного оборудования, санитарные узлы, помещение для дизельной электростанции, кладовая для продуктов, входы, аварийный выход. В убежищах большой вместимости могут также быть медицинский пункт, пункт управления, иногда помещения для баков с водой.

*Помещение для укрываемых людей оборудуется нарами* в один, два или три яруса. Норма площади пола на одного человека, при двухъярусном расположении нар, принимается 0,5 м<sup>2</sup> и 0,4 м<sup>2</sup> – при трехъярусном. Тамбур-шлюзы могут быть однокамерные при вместимости убежища до 600 человек и двухкамерные при вместимости более 600 человек.

Убежище должно иметь не менее двух входов. Во встроенных убежищах аварийный выход должен быть обязательно, у отдельно стоящих убежищ аварийный выход может быть совмещен с воздухозаборным устройством.

*Система жизнеобеспечения убежища:* 1) *Система вентиляции.* Система вентиляции включает: воздухозаборное устройство, противопылевой фильтр, фильтры-поглотители, вентилятор, воздуховоды. Система вентиляции может работать в трех режимах: а) режим чистой вентиляции (время работы не ограничено); б) режим фильтровентиляции (время работы фильтра не менее 12 часов); в) режим рециркуляции с регенерацией воздуха (время работы 6 часов). В режиме чистой вентиляции воздух только очищается от пыли. Режим фильтровентиляции включается только при химическом заражении наружного воздуха. Третий режим аварийный. В том случае, если фильтр не обеспечивает защиту, перекрывается поступление воздуха через воздухозаборное устройство, вентилятор продолжает работать и подключается баллон с кислородом для обогащения воздуха кислородом.



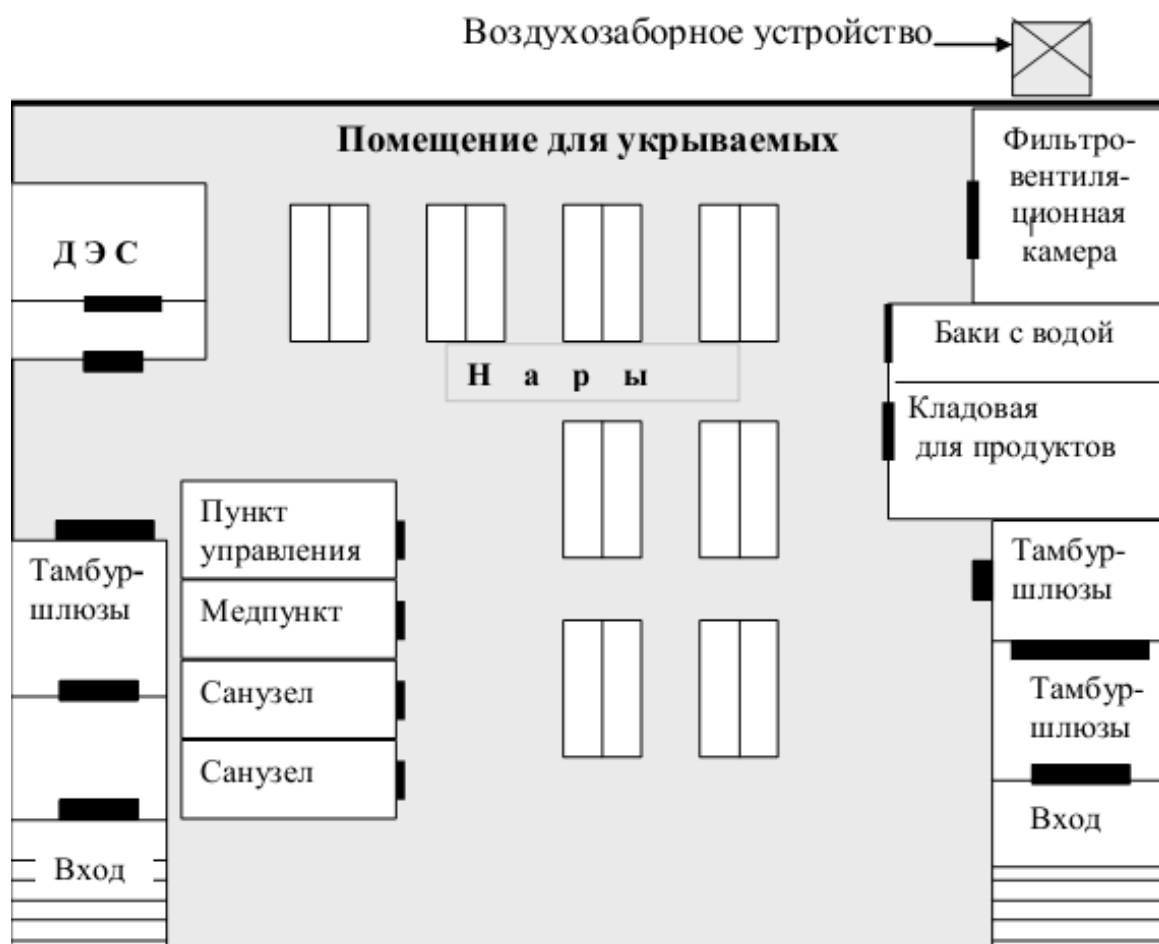


Рис. 4.7.1. Планировка отдельно стоящего убежища (вариант)

2) *Отопление* обычно осуществляется от общей отопительной сети. После заполнения убежища людьми отопление отключается. 3) *Водоснабжение* убежища осуществляется от общей системы водоснабжения. На случай выхода из строя водопровода в убежище создается аварийный запас воды в баках из расчета 3 литра в сутки на одного человека. 4) *Канализация* может быть нагнетательная или самотечная. На случай отключения водопровода имеются резервуары для фекалий и воды из расчета 2 литра в сутки на одного человека. 5) *Электроснабжение* убежища осуществляется от наружной электросети, от дизельной электростанции, от аккумуляторных батарей (аварийное) и от электрических фонарей (аварийное). 6) *Связь* убежища с внешним миром производится с использованием телефонной связи, радиоточки, радиоприемника, настроенного на местную волну, а в ряде случаев используются для связи и радиостанции.

В городе Минске метро выполнено, как убежище 4 класса. Метро – это автономная система, в которой может быть обеспечено непрерывное пребывание людей в течение 6 часов.

*Порядок использования убежища.* Укрытие населения в защитных сооружениях применяется в тех случаях, когда при угрозе ЧС эвакуация невозможна или нецелесообразна. Каждый гражданин должен знать место расположения убежищ и других укрытий, которые находятся в радиусе 500 м от места проживания или работы.

Для обеспечения готовности защитных сооружений к использованию в чрезвычайных ситуациях они обслуживаются персоналом в количестве 5–20 человек, в зависимости от вместимости убежища.

Если убежище используется для коммунально-бытовых нужд, то два раза в год его оборудование расконсервируется, проверяется на работоспособность, а убежище – на герметичность.

При угрозе чрезвычайной ситуации, при которой убежище может быть использовано для защиты, на его подготовку отводится 12 часов. За это время убежище освобождается от имущества и оборудования, устанавливаются нары, проверяется на работоспособность система жизнеобеспечения, которое обеспечивает жизнедеятельность укрываемых людей, пополняются коллективные аптечки, баки заполняются водой, подключается радиоточка, телефонный аппарат, доукомплектовываются инструментом противопожарные щиты. В военное время в убежище закладываются продукты на 3 суток, в мирное время их берут с собой.

Для заполнения убежища людьми открываются все входы. В убежище население должно прибывать с документами и продуктами питания. Нельзя приносить с собой громоздкие вещи, приводить домашних животных. В защитном сооружении запрещается ходить без надобности, шуметь, курить, выходить наружу без разрешения. В убежище можно читать, слушать радио, беседовать, играть в тихие игры. Укрываемые должны строго выполнять распоряжения обслуживающего персонала.

**4.7.2.2 Противорадиационные укрытия (ПРУ)** предназначены для защиты людей от радиоактивных излучений на радиоактивно зараженной местности. Одновременно ПРУ полностью защищают от светового излучения ядерного взрыва, от ударной волны с избыточным давлением до 20 кПа, а также частично от отравляющих веществ и бактериальных средств. Могут быть использованы для защиты людей при бурях, ураганах, смерчах, снежных заносах и др. Их строят в не категорированных городах и сельской местности. Обычно под ПРУ приспособляют подвалы, погреба, цокольные помещения зданий, овощехранилища, подполья, склады, кирпичные и железобетонные силосные ямы, траншеи.

ПРУ должны быть герметизированными, обеспечивать условия непрерывного пребывания людей в укрытии не менее двух суток. Вместимость ПРУ может быть на 5 человек и более, но не свыше 1000. В ПРУ должно быть одно или несколько помещений для укрываемых, помещение для зараженной уличной одежды, санитарные узлы. При необходимости должно быть и вентиляционное помещение. Помещения для укрываемых людей оборудуются нарами. При двухярусном расположении нар норма площади пола на одного человека принята 0,5 м<sup>2</sup>. 1) *Вентиляция ПРУ*, если оно рассчитано на 50 человек и менее – естественная. Искусственная вентиляция оборудуется, если укрытие рассчитано на 50 человек и более. 2) *Отопление* обычно осуществляется от общей отопительной сети. 3) *Водоснабжение* – от водопроводной сети. Если водопровод отсутствует, устанавливают бачки для питьевой воды

из расчета 2 л в сутки на человека. 4) *Канализация* используется обычная, но если ее нет, то используют плотно закрываемую выносную тару. 5) *Освещение* осуществляется от электрической сети, аварийное – от аккумуляторных батарей, различного типа фонариков и ручных (вело) генераторов. 6) *Средства связи*: радиоточка, телефонный аппарат.

#### 4.7.2.3 Простейшие укрытия

В том случае, если убежищ и ПРУ не хватает, можно строить и использовать простейшие укрытия. К ним относят: землянки, окопы, блиндажи, траншеи, открытые и перекрытые щели. Обычно простейшие укрытия строят в угрожаемый период с объявлением военного положения. Места для строительства простейших укрытий выбирают из условий безопасности при разрушении ближайших зданий и сооружений.

Наиболее удобны и быстро строятся открытые и перекрытые щели. Профиль открытой щели показан на рис. 4.7.2.

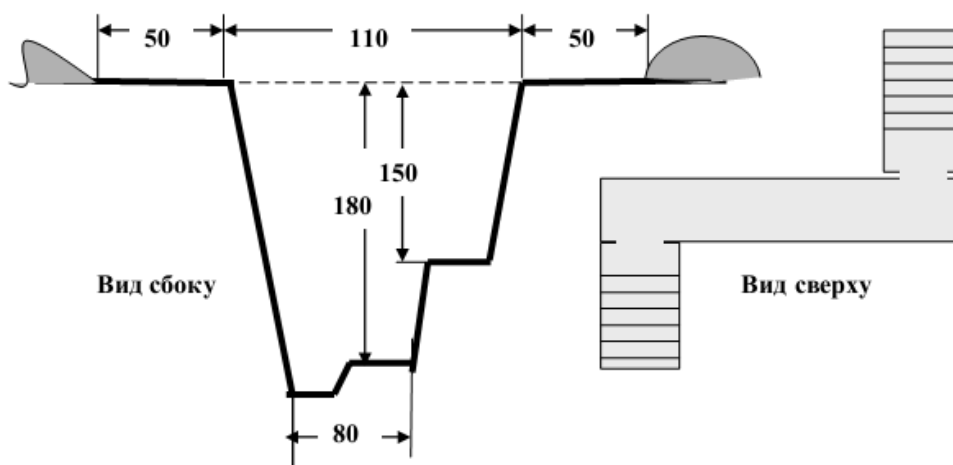


Рис. 4.7.2. Открытая щель (вариант)

Такая открытая щель уменьшает ударную волну, световое излучение и проникающую радиацию в 2 раза, радиоактивное заражение – в 3 раза. Открытая щель может быть использована и в мирное время для защиты во время бури, урагана, смерча и др.

Открытая щель обычно строится на 10–50 человек укрываемых из расчета 0,5 погонных метра на человека. В ряде случаев делают места для лежания из расчета 1,8 погонных метра на человека. Для ослабления ударной волны щель делают зигзагообразной, при этом длина прямого участка не должна превышать 10 м. В щели на 10–20 человек делают один вход со ступеньками. В щелях с большей вместимостью делают два входа.

На строительство открытой щели обычно отводится не более 10–12 часов. В дальнейшем открытая щель перекрывается и тогда полностью защищает людей от светового излучения, более надежная защита обеспечивается от ударной волны и в несколько раз повышается защита от радиации.

#### 4.7.3 Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

*Классификация средств индивидуальной защиты.* По назначению СИЗ делятся: 1) на индивидуальные укрытия, 2) средства защиты органов дыхания,

3) средства защиты кожи, 4) медицинские средства защиты. Индивидуальные укрытия имеются только на некоторых предприятиях. По принципу защитного действия СИЗ органов дыхания и кожи делятся на 1) СИЗ изолирующего типа и 2) фильтрующего типа.

В ЧС населению могут быть выданы некоторые средства защиты органов дыхания и медицинские средства защиты органами ГОЧС. Средства защиты кожи населению обычно не выдаются, и оно для этого приспособливает свои одежду и обувь.

#### 4.7.3.1 Гражданские противогазы

В угрожаемый период всему взрослому населению будет выдан один из противогазов типа: ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ и респиратор Р-2 (последний защищает органы дыхания только от радиоактивной пыли).



*Противогаз ГП-5* состоит из противогазовой коробки, коробки с не запотевающими пленками, шлем-маски и сумки.

*Противогаз ГП-5М* имеет шлем-маску с мембранной коробкой для переговорного устройства.

*Гражданский противогаз ГП-7* – состоит из фильтрующей поглощающей коробки ГП-7к, лицевой части, не запотевающих пленок (6 шт.), утеплительных манжет (2 шт.), защитного трикотажного чехла и сумки. Особенностью противогаза ГП-7 является то, что у него меньше сопротивление дыханию и меньше давление лицевой части на голову. Это позволяет увеличить время пребывания в противогазе, а также противогазом могут пользоваться люди старше 60 лет, больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. В ГП-7 имеется мембранное устройство, позволяющее пользоваться телефоном, радио, общаться с другими людьми.

*Гражданский противогаз ГП-7В* отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть имеет устройство для приема воды.

*Противогаз ГП-7ВМ* отличается от противогаза ГП-7В тем, что маска имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Противогазы ГП-5 и ГП-7 обеспечивают защиту от всех боевых отравляющих веществ. Кроме того, без дополнительных патронов защищают от хлора, сероводорода, паров соляной кислоты, тетраэтилсвинца, этилмеркаптана, нитробензола, фенола, фурфурола. При использовании дополнительного патрона ДПГ-1 противогазы защищают: от аммиака, диметиламина, двуоксида азота, метила хлористого, окиси углерода, окиси углерода, окиси этилена, нитробензола.

Детские противогазы. В настоящее время существуют следующие типы детских противогазов: ПДФ-(2)Д – предназначен для детей от 1,5 до 17 лет. ПДФ-7, ПДФ-(2)Ш – для детей в возрасте от 7 до 17 лет.

*Камера защитная детская КЗД-4 или КЗД-6* – для детей в возрасте до 1,5. Они обеспечивают защиту ребенка 4 и 6 часов соответственно. Защищают от радиоактивных йода и пыли, отравляющих веществ и бактериальных средств.

Гражданские противогазы накапливаются на складах длительного хранения и текущего довольствия. Гарантийный срок хранения противогаза 10 лет. Специальная комиссия может продлить срок хранения еще на 2,5 года.

В угрожаемый период организуется выдача противогазов и респираторов населению. Для этого создаются пункты выдачи из расчета один пункт выдачи на 2000 человек. Срок выдачи противогазов одни сутки, скорость выдачи противогазов 100–200 противогазов в час.

#### **4.7.3.2 Промышленные противогазы**

В связи с широким использованием АХОВ в экономике и возможными авариями с их утечкой для защиты органов дыхания, глаз и лица от поражения используют промышленные противогазы. Они предназначены для защиты от конкретных ядовитых веществ.

Запрещается применять такие противогазы при недостатке кислорода в воздухе, например, при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях. Их используют только там, где в воздухе содержится не менее 18% кислорода.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих, плохо сорбирующихся органических веществ, таких как метан, этилен, ацетилен. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен.

Время защитного действия промышленных противогазов зависит от марки фильтрующей коробки, типа химически опасного вещества и его концентрации. Годность коробок зависит от отработанного времени.

Классификация наиболее распространенных промышленных противогазов в Республике Беларусь приведена в табл. 4.7.2.



#### 4.7.3.3 Медицинские средства индивидуальной защиты

Это такие простейшие средства, которыми должен уметь пользоваться каждый человек, оказавшийся в чрезвычайной ситуации. К ним относят: пакет перевязочный индивидуальный, аптечка индивидуальная АИ-2, индивидуальный противохимический пакет ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10 или ИПП-11. Промышленность выпускает перевязочные пакеты четырех типов: индивидуальные, обыкновенные, первой помощи с одной подушечкой, первой помощи с двумя подушечками. Населению обычно выдают пакет перевязочный индивидуальный, который применяется для наложения первичных повязок на раны. Он состоит из бинта и двух ватно-марлевых подушечек.

Таблица 4.7.2.

#### Промышленные противогазы

Тип и цвет коробки	От каких веществ защищает
А (коричневый)	От фосфор- и хлорорганических ядохимикатов, паров органических соединений (бензин, керосин, ацетон, сероуглерод, тетраэтилсвинец, толуол, спирт, эфир)
В (желтый)	От фосфор- и хлорорганических ядохимикатов, кислых паров и газов (хлор, сернистый ангидрид, сероводород, синильная кислота, окислы азота, фосген, хлористый водород)
Г (черный-желтый)	От паров ртути и ртутьорганических ядохимикатов
Е (черный)	От мышьяковистого и фосфористого водорода
КД (серый)	От аммиака, сероводорода и их смесей
БКФ, МКФ (зеленый)	От паров органических веществ, мышьяковистого и фосфористого водорода
М (красный)	От окиси углерода в присутствии малых количеств аммиака, сероводорода, паров органических соединений
СО (белый)	От окиси углерода

Аптечка индивидуальная АИ-2 предназначена для оказания само- и взаимопомощи при ранениях и ожогах, предупреждения или ослабления поражения радиоактивными и отравляющими веществами, а также для предупреждения заболевания инфекционными болезнями.

Препараты находятся в специальных гнездах пластмассовой коробки<sup>92</sup>: 1) Гнездо № 1 – шприц-тюбик с противоболевым средством (промедол). Применяют при переломах костей, ранах и ожогах. 2) Гнездо № 2 – средство для предупреждения отравления фосфорорганическими отравляющими веществами. Препарат – тарен (6 таблеток). Принимается одна таблетка при нарастании признаков поражения (ухудшение зрения, появление резкой одышки). Повторный прием только через 5–6 часов. 3) Гнездо № 3 – противобактериальное средство № 2. Препарат – сульфодиметоксин (15 таблеток).

<sup>92</sup> Состав лекарств может заменяться новыми. Для детей дозы уменьшаются. Например, детям до 8 лет на один прием дается 1/4 дозы взрослого, детям от 8 до 15 лет – 1/2 дозы взрослого человека.

Применяют при желудочно-кишечных расстройствах. В первые сутки принимают 7 таблеток за один прием, в последующие двое суток – по 4 таблетки. Этот препарат является средством профилактики инфекционных заболеваний. 4) Гнездо № 4 – радиозащитное средство №1. Препарат – цистамин (12 таблеток). Принимают 6 таблеток за один прием за 30–60 минут до облучения. Повторный прием 6 таблеток допускается только через 4–5 часов. 5) Гнездо № 5 – противобактериальное средство № 1. Антибиотик широкого спектра действия – гидрохлорид хлортетрациклина (10 таблеток). Принимают как средство экстренной профилактики при угрозе заражения бактериальными средствами или при заражении ими, а также при ранениях и ожогах для предупреждения заражения крови. Сначала принимают 5 таблеток, а затем через 6 часов принимают еще 5 таблеток. 6) Гнездо № 6 – радиозащитное средство № 2. Препарат – йодистый калий (10 таблеток). Принимают по одной таблетке ежедневно сразу после радиоактивного заражения местности. В случаях, когда аптечки АИ-2 нет, вместо препарата йодистого калия можно использовать йодную настойку, для чего берут стакан воды, и капают туда три-пять капель 5-процентного раствора йода. Детям до двух лет – одну-две капли. 7) Гнездо № 7 – противорвотное средство. Препарат – этаперазин (5 таблеток). Принимать по одной таблетке при ушибе головы, сотрясениях мозга, а также сразу после радиоактивного облучения с целью предупреждения рвоты.

#### 4.7.4 Практическая часть

Практическая часть включает: 1) Посещение убежища, практическое включение систем. Отработка действий при объявлении сигнала «Внимание! Всем!». 2) Работа с аптечкой АИ-2. 3) Одевание гражданского противогаза. 4) Одевание промышленного противогаза. 5) Конспектирование на отдельных листах ответов на поставленные вопросы. После проверки преподавателем и выставления оценки законспектированные материалы возвращаются студенту.

### ВЫВОДЫ

о выполнении работы по теме «Средства коллективной и индивидуальной защиты в чрезвычайных ситуациях» студента \_\_\_\_\_ учебной группы

Таблица 4.7.3.

№ п/п	Название вопроса	Оценка
1	Назначение, классификация убежищ и требования к ним	
2	Основные и вспомогательные помещения убежища. Система жизнеобеспечения убежища. Порядок использования убежищ	
3	Гражданские и промышленные противогазы и респираторы. Порядок накопления, хранения и выдачи в угрожаемый период	
4	Аптечка АИ-2	
5	Выводы по практическим действиям	

## 4.8 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### УПРАВЛЕНИЕ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ. ВЫРАБОТКА И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ НА ЭВАКУАЦИЮ<sup>93</sup>

**Цель работы.** Научиться вырабатывать и принимать решения на эвакуацию в ЧС, находясь в роли руководителя организации, учреждения, объекта хозяйствования.

**4.8.1 Порядок выполнения работы.** 1) Изучить «Общие положения». 2) Ознакомиться с методикой выполнения работы. 3) Выбрать свой вариант задания по таблице 4.8.7. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий. 4) Выписать из таблицы исходные данные. 5) Переписать форму отчета на отдельные листы. 6) Приступить к решению частных задач по ниже приведенной методике. Разрешается проявлять творческий подход в принятии решения. 7) Оформить выводы, написать выписку из решения, заполнив ее своими расчетами и защитить принятое решение у преподавателя.

#### 4.8.2 Общие положения

Одним из основных мероприятий защиты населения в ЧС, проводимых органами власти и руководителями объектов, является эвакуация людей в безопасные районы. Это наиболее надежный способ сохранить жизнь и здоровье людей. Эвакуацию проводят, если имеется угроза химического заражения воздуха в результате аварии на химически опасном объекте, если имеется угроза катастрофического затопления, если есть угроза задымления от лесного пожара и т.д. Эвакуация возможна только в том случае, если имеется достаточное время для ее организации и проведения. Сократить время на организацию эвакуации можно, если на основе прогнозирования предварительно принять решение на эвакуацию. На объекте, для предупреждения и ликвидации ЧС проводится комплекс мероприятий по планированию мероприятий защиты от всех источников ЧС. Планирование эвакуации – одно из них.

Ликвидацию ЧС, защиту людей и объектов осуществляют силами и средствами предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовой формы. При локальной ЧС – силами и средствами организации, при местной – силами и средствами местного самоуправления, при территориальной – силами и средствами органов исполнительной власти областей РБ, оказавшихся в зоне ЧС. При необходимости, для ликвидации ЧС привлекаются силы и средства Министерства по ЧС. Руководство мероприятиями осуществляется соответствующими комиссиями по ЧС (КЧС).

---

<sup>93</sup> Методика, разработанная С.В. Дорожкой, В.Т. Пустовитом, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 4. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 19–40.



Основным рабочим документом для КЧС на период ликвидации последствий ЧС мирного времени является «План основных мероприятий при угрозе и возникновении ЧС». В нем должна содержаться подробная характеристика объекта, прогнозируемая оценка ситуации на объектах при различных видах ЧС, перечень выполняемых мероприятий и последовательность действий всех служб и подразделений формирований гражданской обороны (ГО) объекта в условиях ЧС. К «Плану...» прилагаются следующие документы: 1) Календарный план основных мероприятий объекта экономики (организации, учреждения) при угрозе и возникновении производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. 2) Решение руководителя объекта экономики (организации, учреждения) на ликвидацию ЧС (в том числе и на эвакуацию). 3) Расчет сил и средств объекта экономики (организации, учреждения), привлекаемых для выполнения мероприятий при угрозе и возникновении производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. 4) Схемы организации управления, оповещения и связи объекта (предприятия, организации, учреждения) при угрозе и возникновении аварий, катастроф и стихийных бедствий. 5) Инструкции по безаварийной остановке отдельных видов производств. 6) Схема расположения пожарных гидрантов, пожарных кранов, средств пожаротушения. 7) Перечень гражданских формирований и служб ГО объекта. 8) Ведомость обеспечения средствами индивидуальной защиты (СИЗ) работников объекта с указанием мест их складирования и хранения, ответственных лиц. 9) Список аварийно-технических служб района. 10) Перечень организаций района по оказанию экстренной медицинской помощи. 11) Формализованный бланк расчета ущерба при ЧС. 12) Режимы радиационной защиты.

Все вышеперечисленные документы разрабатываются на основе решения руководителя объекта. Выработка и принятие решения на предупреждение и ликвидацию ЧС – основа управления в ЧС. От правильного и своевременно принятого решения зависят жизнь и здоровье людей, сохранение материальных ценностей.

Выработка и принятие решений является основной частью общей схемы управления, которая обычно включает: 1) Сбор информации об обстановке. 2) Выработка и принятие решений. 3) Оповещение людей и приведение гражданских формирований ГО в готовность. 4) Постановка задач подчиненным. 5) Взаимодействие с другими объектами и доклады вышестоящему руководству. 6) Всестороннее обеспечение проводимых мероприятий.

Выработка и принятие решения включает: 1) уяснение стоящей задачи; 2) расчет времени на все мероприятия; 3) предварительные распоряжения подчиненным (при необходимости); 4) оценку обстановки; 5) принятие решения.

Решение обычно включает: 1) замысел действий (в каких случаях выполнять все мероприятия и в каких только частично, в какой последовательности выполнять работы, где сосредоточить основные усилия, как распределить силы, какую помощь просить у вышестоящего руководства и др.); 2) какие задачи поставить подчиненным; 3) время начала и окончания работ; 4) до-

полнительные мероприятия, которые необходимо выполнить, чтобы успешно решить задачу.

Исходная обстановка и постановка задачи. Каждый студент, решая задачу, выступает в роли директора машиностроительного завода (МСЗ). Завод расположен в г. Богатырь и работает в одну смену. Во внерабочее время на заводе находится и выполняет различные подготовительные работы дежурная смена. На удалении 700 м севернее МСЗ расположен жилой массив, в котором живут в служебных домах и общежитиях семьи рабочих и служащих завода. Их дети посещают детский сад, принадлежащий заводу, и учатся в школе. Решением Горисполкома директору МСЗ поручено организовать защиту этих людей в случае чрезвычайных ситуаций. На территории МСЗ имеются убежища на всю штатную численность. Обеспеченность индивидуальными средствами защиты рабочих и служащих завода составляет 100%. В жилой зоне завода убежищ нет, а противогАЗами взрослое население обеспечено только частично (см. примечание в конце табл. 4.8.7).

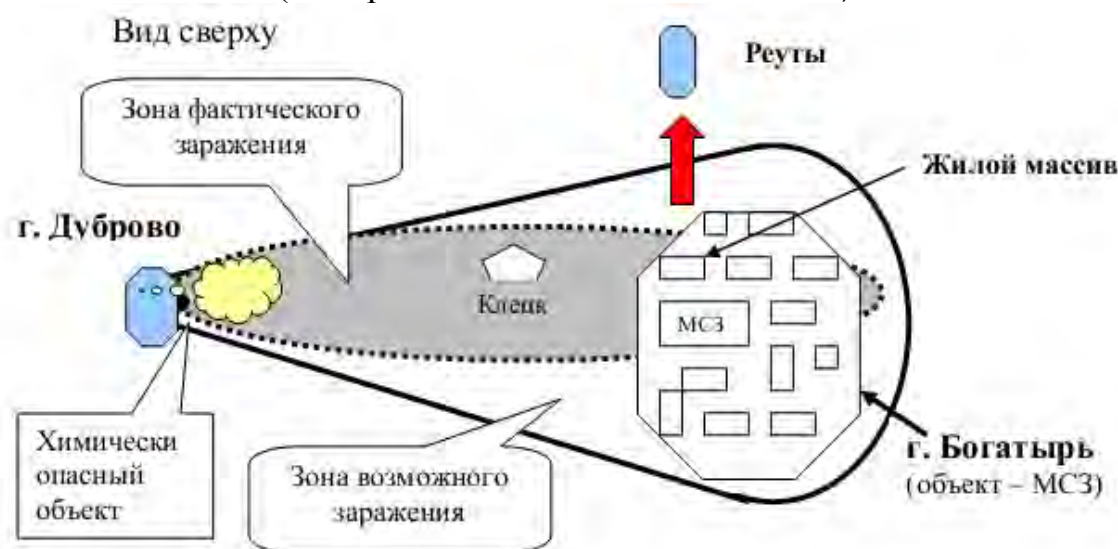


Рис. 4.8.1. Вид сверху на зону загрязнения АХОВ

На расстоянии 16 км в г. Дуброво находится химически опасный объект, использующий хлор (рис. 4.8.1). В случае аварии на объекте и направлении ветра в сторону МСЗ, он попадает в зону возможного заражения. На практическом занятии по прогнозированию и оценке химической обстановки были рассчитаны глубина распространения зараженного воздуха, площади зон возможного и фактического заражения, а также время подхода зараженного воздуха к МСЗ. Эти данные используются и для решения задач эвакуации.

Время подхода загрязненного воздуха к МСЗ зависит от скорости ветра и расстояния до источника заражения. В плане мероприятий указано время, необходимое для своевременной эвакуации (оно представлено в табл. 4.8.7). В табл. 4.8.7 также указаны время начала аварии (условное название время «Ч») и время подхода зараженного воздуха к заводу. В зависимости от предполагаемого времени на эвакуацию может быть принято одно из следующих решений: 1) провести полную эвакуацию рабочих, служащих, находящихся на МСЗ и членов их семей, проживающих в служебных квартирах и общежи-

тиях (за исключением дежурной смены и формирований гражданской обороны); 2) провести частичную эвакуацию только детей школ и детских садов вместе с учителями и воспитателями в дневное время в загородную зону или в убежища на территории завода; 3) провести частичную эвакуацию только жителей служебных квартир и общежитий в ночное время; 4) эвакуационные мероприятия не проводить, но принять все необходимые меры защиты.

*Внимание! Студент имеет право принимать любые решения на эвакуацию, только они должны быть обоснованы. Принятие нестандартных оптимальных решений поощряется.*

При невозможности эвакуации можно принять меры защиты, в частности: использовать защитные сооружения, герметизацию помещений, тканевые повязки, смоченные в 5% водном растворе питьевой соды, создание избыточного давления в помещениях путем включения газовых плит, электронагревательных приборов; жители первых этажей зданий должны подняться на более высокие, т.к. хлор тяжелее воздуха и др.

*Примечания:* 1. Эвакуацию детей из школ и детских садов при частичной эвакуации проводить только в дневное время (8.00–17.00). Необходимо помнить, что смертельная доза у детей значительно меньше, чем у взрослых. 2. В ночное время проводить эвакуацию (при наличии времени) только семей рабочих, проживающих компактно в служебных квартирах. 3. Рабочие дежурной смены и формирования гражданской обороны эвакуации не подлежат. 4. Для решения задач эвакуации и проведения защитных мероприятий обычно привлекаются отдельные формирования гражданской обороны в полном составе или частично.

Динамика событий: 1) Оперативное время «Ч». Произошла авария на химически опасном объекте г. Дуброво. 2) Оперативное время «Ч+5 мин». В городе Богатырь объявлен сигнал «Внимание Всем!» (гудки сирен, сообщения по радио и телевидению, телефонные звонки). По радио и телевидению передана следующая информация: «На химически опасном объекте в г. Дуброво произошла авария с выбросом хлора. Облако хлора распространяется в сторону города. Примерное время подхода облака к городу равно «Т» (табл. 4.8.7). Ориентировочное время заражения воздуха в городе 3 суток. Всем неработающим в данный момент жителям находиться дома. Гражданам, находящимся в местах работы или учебы действовать по указаниям администрации. Следите за сообщениями радио и телевидения!» 3) Оперативное время «Ч+7 мин». Диспетчер по системе оповещения докладывает о получении сигнала «Внимание Всем!» директору завода и другим должностным лицам в соответствии со схемой оповещения о чрезвычайных ситуациях. 4) Оперативное время «Ч+15 мин». Директор завода принял решение на эвакуацию по одному из вариантов. 5) Оперативное время «Ч+15 мин». Председатель комиссии по чрезвычайным ситуациям МСЗ уточняет заблаговременно проведенные расчеты на мероприятия по эвакуации. Руководит работой комиссии по чрезвычайным ситуациям. 6) Оперативное время «Ч+Т». Директор завода докладывает в горисполком и в отраслевое министерство об окончании эвакуации и готовности к действиям в условиях химического заражения.

Выписка из Плана основных мероприятий при угрозе и возникновении ЧС.

*В рабочее время: 1) Разведывательной группе в «Ч+35 мин» выехать на разведку в район н.п. Клецк для оценки химической обстановки. 2) Посты химического наблюдения выставить на территории завода и в жилом массиве в «Ч+20 мин». 3) Группе общественного порядка приступить к усилению охраны территории завода и жилой зоны в «Ч+20 мин». 4) Группе выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) приступить к выдаче противогазов в «Ч+ 20 мин». 5) Санитарной дружине быть готовой к оказанию первой медицинской помощи на территории завода и в жилой зоне в «Ч+40 мин». 6) Звену (группе) связи обеспечить постоянную связь со всеми абонентами. 7) Группе эвакуации быть готовой к выполнению мероприятий к «Ч+30 мин». 8) Спасательной команде (группе) быть готовым к спасательным работам к «Ч+50 мин».*

*Во вне рабочее время привлекаются для выполнения мероприятий по эвакуации выше перечисленные группы только частично. Для этого привлекаются рабочие и служащие, проживающие в жилой зоне завода и вблизи территории завода.*

### 4.8.3 Методика выполнения работы

**Задача 1.** *Расчет вероятного числа людей, попадающих в зону загрязнения. Определяют среднюю плотность заселения Р, используя следующее соотношение:*

$$P = N/S, \quad (4.8.1)$$

где N – число жителей района, тыс. чел. (табл. 4.8.7); S – площадь района, км<sup>2</sup> (определяется по карте, представлена в табл. 4.8.7).

Площадь загрязнения данного района S<sub>з</sub> определяют по карте (табл. 4.8.7), а вероятное число пострадавших N<sub>п</sub>, тыс. чел. – по формуле:

$$N_{п} = S_{з} \cdot P. \quad (4.8.2)$$

Эта информация необходима директору завода для оценки степени опасности заражения воздуха хлором территории завода и жилой зоны.

**Задача 2.** *Расчет структуры потерь людей в очаге поражения аварийно химически опасными веществами (АХОВ). Ориентировочно структура потерь людей в очаге поражения АХОВ выглядит следующим образом: пораженных в легкой степени – 25%, в средней и тяжелой степени (с выходом из строя не менее чем на 2–3 недели и нуждающихся в госпитализации) – 40%, со смертельным исходом – 35%. Общее число пораженных зависит от степени защищенности населения. Так, потери людей, находящихся на открытой местности в зоне заражения без средств индивидуальной защиты (СИЗ), могут составить 90–100% общего числа людей, находящихся в этой зоне.*

Таблица 4.8.1.

#### Примерная зависимость степени поражения людей от обеспеченности противогазами

% обеспеченности противогазами	100	90	60	40	20	0
% потерь людей	10	18	40	58	75	90

При размещении людей в простейших укрытиях, зданиях потери будут в 2 раза меньше. Пример. Вероятное число людей, попавших в зону заражения, 9000 (это рабочие, служащие и их семьи, проживающие в служебных квартирах и общежитиях в жилом массиве). Обеспеченность населения противогазами 40%, люди приняли сигнал оповещения и находятся в зданиях.

Определить возможные потери людей, находящихся на открытой местности:

$$\frac{9000}{100} \cdot 58 = 5220 \text{ чел}$$

Определить возможные потери людей, находящихся в зданиях:

$$5220 / 2 = 2610 \text{ чел.}$$

Определить структуру потерь людей в очаге поражения:

– поражения легкой степени

$$\frac{2610}{100} \cdot 25 = 653 \text{ чел}$$

– поражения средней и тяжелой степени

$$\frac{2610}{100} \cdot 40 = 1044 \text{ чел}$$

– со смертельным исходом

$$\frac{2610}{100} \cdot 35 = 914 \text{ чел}$$

**Задача 3. Определение вида эвакуации.** Эвакуация рабочих, служащих и их семей может быть проведена в загородную зону (в населенный пункт Реуты, который расположен севернее в 10 км от жилой зоны) или из жилого массива на территорию завода для укрытия в убежище.

Вид эвакуации зависит от фактора внезапности наступления ЧС. Располагаемое время на эвакуацию  $T$  находят по формуле:

$$T = T_{\Pi} - T_{\text{чс}} \quad (4.8.3)$$

где:  $T_{\text{чс}}$  – время наступления ЧС (астрономическое);  $T_{\Pi}$  – время подхода зараженного воздуха к МСЗ (астрономическое).

Сравнивая  $T$  с временем  $T_{\text{ЭВАК}}$ , необходимым для организации и проведения эвакуации (полной или частичной) принимают решение о виде эвакуации (см.  $T_{\text{ЭВАК}}$  в табл. 4.8.7).

Пример. Авария на водозаборной станции произошла в 8 ч 20 мин. В атмосферу выброшено большое количество хлора. Расчетное время подхода облака хлора к объекту 8 ч 55 мин. Тогда

$$T = 8.55 - 8.20 = 35 \text{ минут};$$

$T_{\text{ЭВАК}}$  рассчитывают заранее и записывают в План-график проведения эвакуационных мероприятий для полной и частичной эвакуации. Допустим, время на полную эвакуацию равно 3ч. Это означает, что полную эвакуацию провести нельзя. Если время на частичную эвакуацию составляет, например 2 часа, то

ее также провести нельзя. Тогда принимается решение эвакуацию не проводить, а принять другие меры защиты.

**Задача 4.** *Принятие решения на выбор видов формирований и их количества.* На объектах для решения задач ГО и ликвидации ЧС мирного времени создаются из числа рабочих и служащих завода формирования ГО. Эти формирования должны решать весь комплекс задач по ликвидации ЧС, которые могут возникнуть на территории завода и прилегающей территории. Формирования должны принимать участие, в том числе, и в решении задач эвакуации в ЧС.

Существуют примерные нормы видов и количества формирований, которые может иметь завод. Численность личного состава формирований определяют, используя табл. 4.8.1, имея в виду, что количество людей в формированиях не должно превышать 10% от штатной численности рабочих и служащих завода. Окончательное решение о видах и количестве формирований на заводе принимает отраслевое министерство по согласованию с Министерством по ЧС.

Администрация завода заинтересована в том, чтобы на заводе были только те формирования, которые действительно необходимы для завода. Должны быть учтены возможности оснащения этих формирований необходимой техникой и имуществом.

Формирования ГО эвакуации в ЧС, как правило, не подлежат. При необходимости, они могут временно находиться в убежищах и других защитных сооружениях. По решению органов власти города они могут привлекаться и для выполнения других мероприятий в случае ЧС на территории города.

**Задача 5.** *Расчет числа рабочих, служащих и членов их семей, подлежащих эвакуации.* Расчет производят, исходя из штатной численности завода, наибольшей работающей смены, количества людей, которые эвакуации не подлежат.

Расчет производят в зависимости от принятого решения. Пример расчета показан в табл. 4.8.2. При принятии решений должны соблюдаться приоритеты: в первую очередь должны быть эвакуированы в рабочее время дети, затем семьи рабочих и служащих вместе с детьми, проживающие в жилой зоне завода, затем рабочие и служащие наибольшей работающей смены и служащие управления. При расчетах учитывать, что в рабочее время две дежурные смены отдыхают, и они эвакуации силами завода не подлежат.

*Внимание! Во всех вариантах принято, что из числа служащих Управления завода круглосуточно работает 20 человек. Они также эвакуации не подлежат.*

Если ЧС произошла во вне рабочее время, то табл. 4.8.3 не составляется, а эвакуации подлежат только рабочие и служащие со своими семьями, проживающие на территории жилого массива завода.

**Задача 6.** *Расчет необходимого количества продуктов питания для пострадавшего в ЧС населения.* Определяют необходимое количество продуктов питания эвакуированных и спасателей, разбирающих завалы при ведении спасательных работ на время, указанное в таблице вариантов.

Таблица 4.8.2.

**Расчет сил и средств объекта, привлекаемых для выполнения мероприятий при угрозе и возникновении ЧС<sup>94</sup>**

Наименование формирования	Численность формирования, чел	При численности рабочих и служащих в организации, тыс. чел.				
		более 5	3–5	1–3	0,3–1	менее 0,3
Спасательная команда	103	1–3	1–2	1	–	–
Спасательная группа	34	–	–	–	1	1
Пост радиационного и химического наблюдения	3	1	1	1	1	1
Разведывательная группа	16	1–2	1–2	1–2	1–2	–
Звено связи	7	–	–	–	1	1
Группа связи	15	1–2	1–2	1–2	–	–
Санитарная дружина	23	1	1	1	1	1
Эвакогруппа	12	1	1	1	1	1
Группа охраны общественного порядка	16	1–2	1–2	1	1	1
Санитарно-обмывочный пункт	20	2–3	1–2	1	1	–
Отделение пожаротушения	6	–	–	–	1	1
Команда пожаротушения	25	2–3	1–2	1–2	–	–

Таблица 4.8.3.

**Расчет числа рабочих и служащих, подлежащих эвакуации в рабочее время**

Подразделение	Численность, чел				Учет отдыхающей дежурной смены	Учет отпусков и командировок	Подлежит эвакуации, чел
	Наибольшей работающей смены	Формирований гражданской обороны (из работающей смены)	Дежурной смены (из работающей смены)	Всего			
Управление	180 (дневное время)	–	20	20	2x20=40	10	110
Цех 2	400	40	15	55	2x15=30	5	255
Цех 3	500	50	20	70	2x20=40	10	380
Цех 3	600	50	20	70	2x20=40	10	480
Итого:	1680	140	75	215	150	35	1225

В таблицах 4.8.4 и 4.8.5 приведены нормы обеспечения продуктами питания населения, пострадавшего в ЧС, и спасателей, рабочих, разбирающих завалы при ведении спасательных работ, хирургов.

<sup>94</sup> Студент на основе анализа табл. 4.8.2 должен принять решение по выбору формирований. Общее количество людей желательно распределить равномерно между цехами.

Таблица 4.8.4.

**Нормы обеспечения продуктами питания населения,  
пострадавшего в ЧС, г/чел. в сутки**

№ п/п	Продукт	Количество, г
1	Хлеб из смеси ржаной, обдирной и пшеничной муки 1-го сорта	250
2	Хлеб белый из пшеничной муки 1-го сорта	250
3	Мука пшеничная 2-го сорта	15
4	Крупа разная	60
5	Макаронные изделия	20
6	Молоко и молочные продукты	200
7	Мясо и мясопродукты	60
8	Рыба и рыбопродукты	25
9	Жиры	30
10	Сахар	40
11	Картофель	300
12	Овощи	120
13	Соль	20
14	Чай	1

Нормы, приведенные в табл. 4.8.4, необходимо умножить на число пострадавших (эвакуированных), а в табл. 4.8.5 – на число людей в спасательных группах.

Таблица 4.8.5.

**Нормы обеспечения продуктами питания спасателей, рабочих,  
разбирающих завалы при ведении спасательных работ,  
хирургов, г/чел. в сутки**

№ п/п	Продукт	Количество, г
1	Хлеб из смеси ржаной, обдирной и пшеничной муки 1-го сорта	600
2	Хлеб белый из пшеничной муки 1-го сорта	400
3	Мука пшеничная 2-го сорта	30
4	Крупа разная	100
5	Макаронные изделия	20
6	Молоко и молочные продукты	500
7	Мясо и мясопродукты	100
8	Рыба и рыбопродукты	60
9	Жиры	50
10	Сахар	70
11	Картофель	500
12	Овощи	180
13	Соль	30
14	Чай	2

**Пример.** Эвакуировано 2500 человек. Рассчитать количество белого хлеба из пшеничной муки 1-го сорта, необходимого для организации питания эвакуированных в течение 3-х суток.

**Решение:** Из табл. 4.8.5 находим норму обеспечения белым хлебом одного человека в сутки. Она равна 250 г. Умножаем найденную норму на число эвакуированных:

$$2500 \text{ чел.} \cdot 250 \text{ г/чел} = 625 \text{ кг}$$

Умножаем полученный результат на число суток:  $625 \cdot 3 = 1875 \text{ кг}$ .



**Задача 7.** Расчет потребного количества пунктов временного размещения (ПВР) и обеспечения населения коммунально-бытовыми услугами. Расчет ведут, исходя из числа эвакуированных, норм обеспечения населения жильем и коммунально-бытовыми услугами (табл. 4.8.6).

Пример. Для размещения 3500 эвакуированных необходимо:

$$3500 \cdot 2,5 = 8750 \text{ м}^2 \text{ жилой площади.}$$

$$3500/15 = 233 \text{ крана для умывания и т.д.}$$

**Задача 8.** Расчет необходимого количества транспорта для эвакуации рабочих, служащих и членов их семей. Расчет транспорта, необходимого для эвакуации рабочих, служащих и членов их семей, производить отдельно для рабочих указанных цехов и семей рабочих и служащих.

Считать, что недостающее количество транспорта выделяется транспортными предприятиями города. Количество автотранспорта определяют, руководствуясь табл. 4.8.7.

Таблица 4.8.6.

**Нормы обеспечения населения жильем и коммунально-бытовыми услугами**

№п/п	Виды обеспечения	Единицы измерения	Количество
1	Размещение в общественных зданиях и временном жилье	м <sup>2</sup> /чел	2,5–3
2	Умывальниками	чел. на 1 кран	10–15
3	Туалетами	чел. на 1 очко	30–40

Для расчета числа автомобилей, необходимых для перевозки грузов учитывают массу перевозимых грузов и наличие объемных грузов. Считать, что грузоподъемность каждого грузового автомобиля составляет 3–5 т.

**Примечание:** Выше приведенные расчеты проводят заблаговременно. После возникновения ЧС их только уточняют.

Таблица 4.8.7.

**Нормы максимальной нагрузки по маркам автомобилей для расчета необходимого количества автомобильного транспорта приведены ниже**

Марка автомобиля	ПАЗ	ЛиАЗ	КамАЗ	"Урал"	КрАЗ	"Икарус"	ЗИЛ
Число пассажиров, чел	25	60	35	35	50	46	25

Таблица 4.8.8.

## Варианты заданий

№ п/п	Площадь района, определен. по карте, км <sup>2</sup>	Площадь загрязнения, определен. по карте, км <sup>2</sup>	Число жителей района тыс. чел	Время начала аварии, Т <sub>ЧС</sub> , ч, мин.	Расчетное время подхода облака, Т <sub>п</sub> , ч., мин.	Расчетное время на полную эвакуацию, Т <sub>ЭВАК</sub> , ч	Расчетное время на эвакуацию только членов семей, ч Т <sub>ЭВАК</sub>	Расчетное время на эвакуацию только детей, Т <sub>ЭВАК</sub> , ч
1	8	1,5	15	9.40	11.00	3	2	1
2	12	1	25	12.35	15.35	3	2ч 10 м	1
3	7,5	0,5	17	16.20	18.25	3	2	1
4	14	5	18	19.00	20.20	3	2	1
5	9	2,1	18	14.00	16.00	3ч 10м	2ч 10м	1ч 10 м
6	17	4,2	47	15.00	18.10	3	2	1
7	4	0,8	12	20.00	22.25	3	2ч 10 м	1ч 10 м
8	5	0,8	15	10.30	12.57	3	2ч 10 м	1
9	2	0,4	60	13.45	16.30	3	2ч 10 м	1
10	0,9	0,5	56	2.30	4.40	3	2ч 10 м	1
11	6	2	24	5.00	7.15	3ч 10 м	2ч 10 м	1ч 10 м
12	5	1	18	11.34	14.54	3ч 10 м	2ч 10 м	1
13	7	2	23	14.00	16.20	3	2ч 10 м	1
14	2,5	0,5	26	21.05	24.00	3	2ч 10 м	1
15	14	6	31	0.45	2.55	3	2ч 10 м	1
16	9	1	45	12.28	14.58	3	2ч 10 м	1
17	8	0,8	32	16.05	19.15	3	2ч 10 м	1
18	12	1,2	98	9.00	11.35	3	2ч 10 м	1
19	3	0,2	30	10.20	13.00	3	2ч 10 м	1ч 5 мин
20	5	1,35	40	13.56	16.40	3	2	1
21	4	2	32	15.15	18.25	3	2ч 10 м	1ч 10 м
22	10	1	50	16.23	19.30	3	2ч 10 м	1ч 10 м
23	3	0,5	21	15.54	17.20	3	2	1ч 5 мин
24	2	0,6	20	21.32	23.40	3	2ч 10 м	1ч 15 м
25	6	1,2	12	9.05	12.05	3	2ч 10 м	1
26	3	0,6	60	10.23	12.28	3	2	1
27	3,5	0,8	70	14.40	17.40	3	2	1ч 10 м
28	1,2	0,5	40	16.50	18.30	3	2ч 10 м	1
29	5	1	50	14.13	16.23	3	2	50 мин
30	4	0,2	70	8.50	11.20	3	2ч 10 м	1ч 5 мин

Таблица 4.8.9.

## Варианты заданий

Номер варианта	Штатная численность, чел			Наибольшая работающая смена, чел			Дежурная смена (17.00–24.00 и 24.00–8.00)			Численность семей в жилом массиве (дети в школах и садах), чел	
	Управление МСЗ	№ цеха			№ цеха			№ цеха			
		1	2	3	1	2	3	1	2		3
1	120	630	170	480	550	100	400	15	15	20	1200 (200)
2	130	420	510	590	350	480	530	16	18	12	1440 (150)
3	110	400	500	710	320	450	670	20	15	12	1000 (220)
4	100	680	460	800	600	400	710	20	15	20	1600(220)
5	95	870	740	1030	800	680	970	18	16	18	980 (180)
6	130	510	630	700	460	570	650	16	16	12	800 (100)
7	150	580	750	910	525	680	860	13	18	12	900(200)
8	140	730	730	830	660	660	770	20	19	14	800 (150)
9	110	590	690	585	525	620	535	18	20	12	600 (120)
10	97	690	690	780	630	630	730	17	17	13	500 (120)
11	90	820	760	930	780	700	870	15	16	15	350 (100)
12	130	820	750	920	780	680	840	16	13	16	500 (100)
13	135	590	1030	1050	530	850	980	17	14	17	600 (120)
14	140	150	890	1030	100	845	980	18	11	12	600 (130)
15	124	690	890	1000	650	845	930	20	13	20	500 (100)
16	112	800	770	900	740	725	830	14	11	17	700 (180)
17	138	790	790	970	720	730	900	13	10	16	700 (160)
18	120	1020	990	1000	950	935	925	25	17	20	500 (120)
19	159	580	990	1000	530	925	830	12	16	20	400 (100)
20	145	580	890	860	520	845	800	15	18	15	550 (140)
21	124	890	990	1020	820	937	960	19	17	18	600 (150)
22	137	910	990	1020	840	960	970	20	17	15	400 (110)
23	148	770	790	900	720	730	820	12	15	14	700 (140)
27	120	590	980	790	530	910	730	19	11	19	400 (95)
28	124	1000	800	1000	940	750	930	20	12	20	700 (160)
29	110	980	1010	840	920	950	780	11	11	20	700 (200)
30	115	930	930	980	820	820	900	12	12	18	500 (150)

Примечание: .Обеспеченность населения противогазами: для вариантов: 1. 10 –20%; 11. 20—40%; 21. 30—60%.

#### 4.9 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА СУБЪЕКТАМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ И ГОСУДАРСТВУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЖАРОВ<sup>95</sup> (2 часа)

**Цель работы:** 1) Ознакомиться с методикой оценки экономического ущерба от пожаров юридическим, физическим лицам и государству. 2) Приобрести первичные навыки расчета экономических ущербов от пожаров.

**4.9.1 Порядок выполнения работы.** 1) Прочитать раздел «общие положения». 2) Ознакомиться с методикой выполнения расчета. 3) Выписать исход-

<sup>95</sup> Методика, разработанная С.В. Дорожкой, В.Т. Пустовитом, приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 83–105.

ные данные для своего варианта. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в классном журнале. 4) По окончании расчетов студент представляет отчет (по форме табл. 4.9.11) преподавателю на отдельном листе или в рабочей тетради (по решению преподавателя). После проверки отчета преподавателем студенту выставляется оценка в журнал учета занятий.

#### 4.9.2 Общие положения

Методику оценивает полный ущерб, который включает прямой, косвенный ущерб юридическим, физическим лицам и ущерб государству. Для использования методики в учебных целях принято ряд допущений, касающихся исходных данных и полноты расчетов, учитывая, что на занятие отводится только 2 часа учебного времени.

Материальный ущерб от пожаров часто измеряется большими суммами, а микрокалькуляторы у студентов имеют ограниченную разрядную сетку. По этой причине числовые величины отдельных исходных данных занижены. Преподаватель имеет право в отдельных случаях рекомендовать студентам реальные исходные данные (например, базовую величину заработной платы, валовой продукт в расчете на одного человека в год и др.).

#### 4.9.3 Методика расчета экономического ущерба

Общая структура построения методики оценки экономического ущерба от пожаров *юридическому лицу* (предприятию или частному предпринимателю), *физическому лицу* (например, жителю жилого дома) и *государству* представлена на рис. 4.9.1.

**Задача 1.** Оценка экономического ущерба предприятию, организации, предпринимателю. Формула расчета ущерба от пожара, если собственником поврежденного (уничтоженного) имущества является юридическое лицо, имеет вид

$$Y_c^{юп} = Y_{п}^{юп} + Y_{к}^{юп} \quad (4.9.1)$$

где  $Y_{п}^{юп}$  – прямой ущерб собственнику от пожара (руб.);  $Y_{к}^{юп}$  – косвенный ущерб собственнику от пожара (руб.).

Производят расчет прямого ущерба от пожара (исходные данные в табл. 4.9.1, 4.9.2) и расчет прямого ущерба от пожара ( $Y_{п}^{юп}$ ) собственника – юридического лица включает оценку ущерба по основным ( $Y_{ос}$ ) и оборотным ( $Y_{об}$ ) средствам

$$Y_{п}^{юп} = Y_{ос} + Y_{об} \quad (4.9.2)$$

$$\text{где } Y_{ос} = \sum_{i=1}^n \frac{OC_i \cdot K_{поврi}}{100} - C_{лом} \quad (4.9.3)$$

где  $OC$  – остаточная стоимость  $i$ -го поврежденного (уничтоженного) основного средства (руб.);  $K_{поврi}$  – коэффициент повреждения  $i$ -го поврежденного (уничтоженного) основного средства (%);  $C_{лом}$  – стоимость лома (руб.);  $n$  – количество наименований поврежденных (уничтоженных) средств;

Таблица 4.9.1.

**Исходные данные для расчета прямого ущерба предприятию  
по основным фондам от пожара**

№ п/п	ОС <sub>1</sub> , млн. руб. (здания)	ОС <sub>2</sub> , млн. руб. (оборудов.)	ОС <sub>3</sub> , млн. руб. (трансп.)	К <sub>повр 1</sub> , %	К <sub>повр 2</sub> , %	К <sub>повр 3</sub> , %	С <sub>лом</sub> , млн. руб.
1	50	170	20	50	90	20	10
2	95	130	10	60	40	20	16
3	80	180	2	40	40	10	10
4	75	190	11	56	60	14	6
5	100	380	7	36	38	5	12
6	110	710	21	45	10	30	10
7	70	200	–	57	18	–	13
8	110	590	12	34	12	40	12
9	50	150	4	20	42	70	8
10	90	190	3	46	58	70	25
11	70	470	13	38	70	66	15
12	120	159	5	23	59	40	18
13	80	780	27	30	70	27	10
14	120	778	14	35	35	44	8
15	150	670	12	41	40	62	12
16	100	690	5	43	50	80	10
17	50	260	42	36	38	42	10
18	75	510	4	35	40	44	18
19	95	456	6	57	38	56	12
20	160	680	18	34	12	40	10
21	220	440	–	20	58	–	13
22	150	386	12	10	70	70	17
23	90	588	8	40	59	66	9
24	85	207	13	56	90	40	14
25	100	308	16	36	30	47	8
26	100	326	7	25	32	40	12
27	160	300	21	50	20	56	10
28	120	677	9	40	38	36	10
29	90	900	5	30	10	25	28
30	80	780	8	42	65	37	12

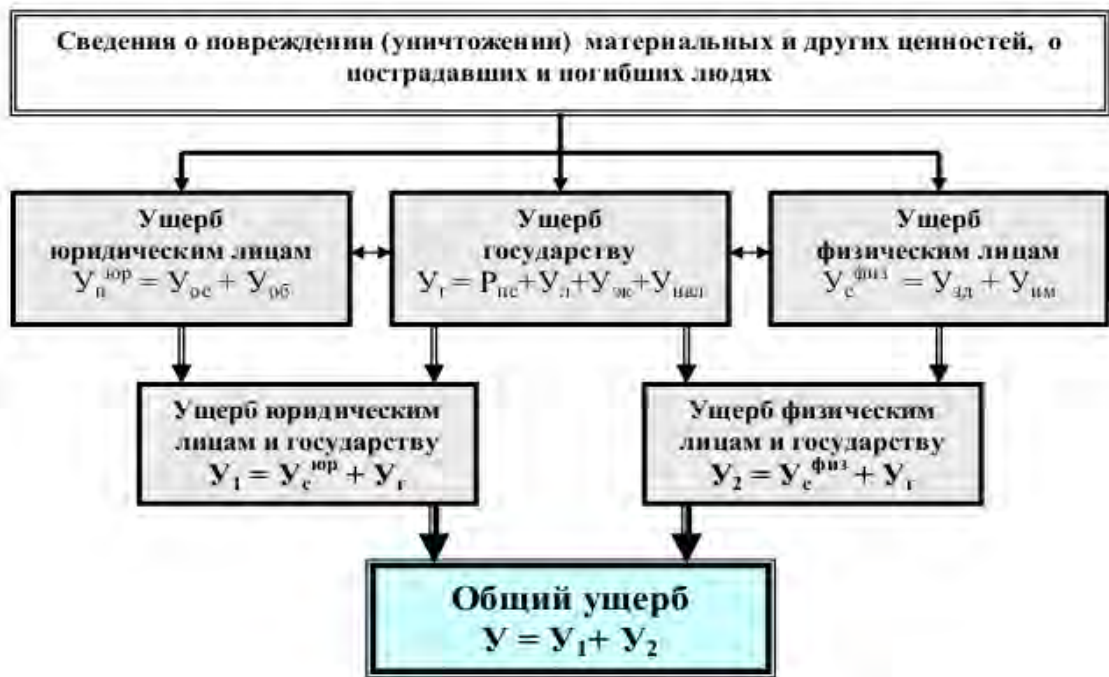
$$Y_{OB} = \sum_{i=1}^n OB_i \cdot K_i \cdot I_i \quad (4.9.4)$$

где  $OB_i$  – стоимость  $i$ -го вида уничтоженных оборотных средств за единицу (руб.);  $K_i$  – количество  $i$ -го вида уничтоженных оборотных средств (ед.);  $I_i$  – сводный индекс роста потребительских цен;  $n$  – количество наименований уничтоженных оборотных средств (ед.).

Таблица 4.9.2.

**Исходные данные для расчета прямого ущерба предприятию по  
оборотным фондам от пожара**

№ п/п	ОБ <sub>1</sub> (стоимость одно- го комплектую- щего агрегата), тыс.руб.	ОБ <sub>2</sub> (стоимость одно- го экз. незавер- шенного про- изводства), тыс.руб.	ОБ <sub>3</sub> (стоимость одного эк- земпляра готовой продукции) тыс.руб.	К <sub>1</sub> , ед	К <sub>2</sub> , ед	К <sub>3</sub> , ед	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>
1	5	6	8	5000	20	4000	1,07	1,07	1,07
2	6	15	25	4000	17	3000	1,1	1,06	1,1
3	20	7	35	1400	30	770	1,06	1,07	1,06
4	7	5	29,7	1500	20	1000	1,01	1,02	1,01
5	9,6	18	51	1550	60	808	1,03	1,03	1,03
6	6,9	8,1	11,6	1460	60	802	1,07	1,06	1,07
7	51	9	120	1665	30	450	1,08	1,07	1,08
8	100	15	180	1000	44	760	1,04	1,04	1,04
9	90	14	145	980	50	720	1,11	1,1	1,11
10	33,5	32	66,8	1000	10	100	1,05	1,04	1,05
11	7,25	9	20	1970	10	1100	1,09	1,09	1,09
12	8	10	21	1889	50	600	1,02	1,02	1,02
13	16	18	22	8547	70	805	1,03	1,03	1,03
14	60	73	127	1650	80	500	1,05	1,05	1,05
15	8,2	9	13	1000	44	600	1,1	1,1	1,1
16	11	15	17	1980	65	728	1,08	1,07	1,08
17	3	42	6,6	1970	100	2100	1,06	1,06	1,06
18	0,7	13	36	3300	80	1100	1,02	1,01	1,02
19	7,4	12	17	2500	39	1260	1,05	1,04	1,05
20	0,545	7	10,2	1550	46	580	1,03	1,03	1,03
21	3,9	4,3	10,7	4460	39	450	1,05	1,02	1,05
22	4,9	8	12,7	1650	65	610	1,01	1,01	1,01
23	0,365	5	8	1000	10	460	1,03	1,03	1,03
24	10	12	14	1800	80	7200	1,07	1,06	1,07
25	61	69	102	1900	39	210	1,02	1,01	1,02
26	5,4	7	10,3	2500	70	1101	1,03	1,03	1,03
27	3,9	4,7	11	1550	30	1260	1,04	1,04	1,04
28	9,7	13	16	5000	46	5806	1,01	1,01	1,01
29	7,7	12,2	15	1709	30	4805	1,06	1,05	1,06
30	7,6	11	12	2899	50	4500	1,05	1,04	1,05



Рассчитываем косвенный ущерб от пожара (исходные данные в табл. 4.9.3 и 4.9.4).

Расчет косвенного ущерба ( $Y_{\text{к}}^{\text{юр}}$ ) осуществляем по формуле

$$Y_{\text{к}}^{\text{юр}} = Z_{\text{лик}} + B_{\text{уп}} + Z_{\text{ж}} \quad (4.9.5)$$

где  $Z_{\text{лик}}$  – затраты собственника на ликвидацию пожара, расчистку и уборку помещений, демонтаж оборудования (руб.);  $B_{\text{уп}}$  – упущенная выгода в результате простоя предприятия или его подразделений, вызванного пожаром (руб.);  $Z_{\text{ж}}$  – затраты на возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью людей (руб.).

Слагаемые в формуле (4.9.5) определяются следующими расчетами:

$$Z_{\text{лик}} = S_{\text{п}} \cdot m \quad (4.9.6)$$

где  $S_{\text{п}}$  – поэтажная площадь, поврежденная (уничтоженная) в результате пожара ( $\text{м}^2$ );  $m$  – стоимость ликвидации пожара, расчистки и уборки помещений, демонтажа оборудования на  $1 \text{ м}^2$  площади (руб.).

$$B_{\text{уб}} = \frac{C_{\text{ак}}}{100} \cdot P \cdot \frac{D}{253} \quad (4.9.7)$$

где  $C_{\text{ак}}$  – стоимость активов предприятия или его подразделений, простаивающих из-за пожара (руб.);  $P$  – среднеотраслевая рентабельность активов предприятия (%);  $D$  – количество дней простоя предприятия или его подразделений, вызванного пожаром.

$$Z_{\text{ж}} = 3\Pi_{\text{мин}} \cdot Z \cdot (K_{\text{тр}} \cdot S + K_{\text{гиб}} \cdot C), \quad (4.9.8)$$

где  $3\Pi_{\text{мин}}$  – базовая величина, установленная на момент расчета (руб./чел.-месяц);  $Z$  – среднее количество месяцев, в течение которых пострадавшим выплачивались пособия (пенсии);  $K_{\text{тр}}$  – кратность выплат пособий (пенсий) на одного травмируемого;  $K_{\text{гиб}}$  – кратность выплат пособий (пенсий) на одно-

го погибшего;  $S$  – количество травмированных (чел.);  $C$  – количество погибших (чел.).

Таблица 4.9.3.

**Исходные данные для расчета косвенного ущерба предприятию (затрат на ликвидацию пожара и определение упущенной выгоды)**

№ п/п	Позажная площ. $S_n$ , м <sup>2</sup>	Количество этажей	Стоимость ликвидации пожара $m$ на 1 м <sup>2</sup> , руб.	Стоимость активов $C_{ак.}$ млн. руб.	Рентабельность активов $P$ , %	Кол-во дней простоя
1	5000	1	1250	1500	10	30
2	6000	2	1120	900	3	41
3	4500	3	1150	1200	5	60
4	8600	3	1170	1600	7	69
5	10000	2	1700	1700	10	45
6	7450	1	1850	2128	11	48
7	5640	2	7760	2876	17	70
8	6800	3	4880	1987	9	112
9	5800	3	7140	2067	15	93
10	7200	1	6125	1890	8	75
11	5050	2	2950	1604	20	79
12	6050	3	2000	1700	12	100
13	4500	3	5000	2128	13	110
14	8600	4	7000	2875	15	37
15	10100	1	4800	1987	17	49
16	7450	2	5000	2063	10	55
17	5640	3	2600	1895	11	98
18	6800	1	3900	1600	7	120
19	7800	2	1140	1700	9	112
20	7100	3	1127	2128	15	132
21	5050	3	2500	2876	8	85
22	6050	4	3600	1987	20	109
23	4500	1	5900	2067	2	91
24	8600	2	6420	1890	3	70
25	9100	1	2110	1604	5	90
26	7450	2	5000	1700	17	150
27	5640	2	3600	2128	16	80
28	6800	2	2290	2875	12	210
29	5800	3	6140	1987	10	97
30	8100	3	1120	2063	9	87



**Задача 2. Расчет ущерба от пожара собственнику жилого дома (квартиры)<sup>96</sup>.**

Таблица 4.9.4.

**Исходные данные для расчета косвенного ущерба предприятию (для оценки затрат на возмещение вреда, причиненного здоровью людей)**

№ п/п	Базовая величина, ЗП <sub>мин</sub> руб./чел.-месяц	Кол-во месяцев Z	Кратность выплат K <sub>гр</sub>	Кратность выплат K <sub>гиб</sub>	Количество травмированных S, чел.	Количество погибших С, чел.
1	25500	3	3	50	27	12
2	25600	4	2	30	29	5
3	27900	5	3	35	36	11
4	25500	2	3	50	58	8
5	25500	5	2	20	42	10
6	25600	6	4	20	43	14
7	27900	4	1	30	45	15
8	25500	5	2	50	38	13
9	25500	1	3	10	35	7
10	25600	6	3	20	50	9
11	27900	6	2	30	62	16
12	25500	7	5	50	27	12
13	25500	8	1	10	29	5
14	25600	2	2	20	36	11
15	27900	8	3	30	58	8
16	25500	6	4	50	42	10
17	25500	3	2	10	43	14
18	25600	2	1	20	45	15
19	27900	5	5	30	38	13
20	25500	6	2	50	35	7
21	25500	4	3	10	50	9
22	25600	5	3	20	62	16
23	27900	11	2	30	27	12
24	25500	16	1	50	29	5
25	25500	6	1	10	36	11
26	25600	7	2	20	58	8
27	27900	8	3	30	42	10
28	25500	9	3	50	43	14
29	25500	8	2	10	45	15
30	25600	6	1	20	68	13

Расчет ущерба от пожара собственнику – физического лица ( $У_c^{физ}$ ) определяется по формуле

$$У_c^{физ} = У_{зд} + У_{им} \quad (4.9.9)$$

<sup>96</sup> Считается, что в результате пожара жильцы квартиры (дома) не погибли и не получили травм.  $У_c^{физ}$  по застрахованной собственности может быть определен на основании справок (иных документов), выданных страховыми организациями. При наличии обязательной страховки он равен  $У_c^{физ} = 2 \cdot В_c$ ,  $У_{им}$  где  $В_c$  – сумма страховой выплаты, руб. При наличии добровольной страховки и отсутствии обязательной  $У_c^{физ}$  устанавливается в размере страховых выплат.

где  $Y_{зд}$  – ущерб от повреждения (уничтожения) здания;  $Y_{им}$  – ущерб от повреждения (уничтожения) имущества.

Рассчитываем ущерб от повреждения  $Y_{пзд}$  (уничтожения  $Y_{узд}$ ) здания (исходные данные в табл. 4.9.5 и 4.9.6).

Ущерб от повреждения здания  $Y_{пзд}$  рассчитываем по формуле:

$$Y_{пзд} = (C_{\text{мат}}^{\text{ст}} + C_{\text{раб}}^{\text{ст}}) \cdot S_{\text{рем}}^{\text{ст}} + (C_{\text{мат}}^{\text{пот}} + C_{\text{раб}}^{\text{пот}}) \cdot S_{\text{рем}}^{\text{пот}} + (C_{\text{мат}}^{\text{пол}} + C_{\text{раб}}^{\text{пол}}) \cdot S_{\text{рем}}^{\text{пол}}, \quad (4.9.10)$$

где  $C_{\text{мат}}^{\text{ст}}$ ,  $C_{\text{мат}}^{\text{пот}}$ ,  $C_{\text{мат}}^{\text{пол}}$  – стоимость материалов для восстановления соответственно стен, потолков, полов (руб./м<sup>2</sup>);  $C_{\text{раб}}^{\text{ст}}$ ,  $C_{\text{раб}}^{\text{пот}}$ ,  $C_{\text{раб}}^{\text{пол}}$  – стоимость работ по подготовке поверхности к проведению ремонта соответственно стен, потолков, полов (руб./м<sup>2</sup>);  $S_{\text{рем}}^{\text{ст}}$ ,  $S_{\text{рем}}^{\text{пот}}$ ,  $S_{\text{рем}}^{\text{пол}}$  – площадь стен, потолков, полов, подлежащая ремонту (м<sup>2</sup>).

Ущерб от уничтожения здания  $Y_{узд}$  рассчитываем по формуле:

$$Y_{узд} = V_{зд} \cdot C_{\text{мкуб}}, \quad (4.9.12)$$

где  $V_{зд}$  – объем здания, уничтоженного пожаром (м<sup>3</sup>);  $C_{\text{мкуб}}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> здания данного типа.

Рассчитываем ущерб от повреждения (уничтожения) имущества ( $Y_{им}$ ) (исходные данные берем в табл. 4.9.7):

$$Y_{им} = \sum_{i=1}^n C_i + C_{\text{общ}} + C_{\text{инд}} \cdot K, \quad (4.9.13)$$

где  $C_i$  – стоимость  $i$ -го наименования поврежденного (уничтоженного) имущества, учитываемого по наименованиям;  $n$  – количество наименований имущества;  $C_{\text{общ}}$  – стоимость прочего имущества, находящегося в общем пользовании людей, проживающих в помещении;  $C_{\text{инд}}$  – стоимость имущества, находящегося в индивидуальном пользовании;  $K$  – количество прописанных (проживающих) в данном помещении жильцов.

**Задача 3.** Ущерб государству от пожара ( $Y_{г}$ ) определяем по формуле

$$Y_{г} = P_{\text{пс}} + Y_{л} + Y_{\text{эк}} + Y_{\text{нал}}, \quad (4.9.14)$$

где  $P_{\text{пс}}$  – расходы государства на обеспечение функционирования пожарных, аварийно-спасательных подразделений, за исключением расходов на функционирование объектов (договорных) подразделений, обслуживающих предприятия частной собственности (руб.);  $Y_{л}$  – ущерб государству от выбытия из производственной сферы травмированных и погибших людей (руб.);  $Y_{\text{эк}}$  – потери государства от причинения загрязнения окружающей среды в результате пожара и его ликвидации (руб.);  $Y_{\text{нал}}$  – ущерб государству от недополучения налогов из-за простоя предприятия (организации) в результате пожара (руб.).

Таблица 4.9.5.

**Исходные данные для расчета ущерба при пожаре физическому лицу  
от повреждения дома (квартиры, офиса)**

№ п/п	$C_{\text{мат}}^{\text{ст}},$ руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{мат}}^{\text{пот}}$ руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{мат}}^{\text{пол}}$ руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{раб}}^{\text{ст}},$ руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{раб}}^{\text{пот}}$ руб./м <sup>2</sup>	$C_{\text{раб}}^{\text{пол}}$ руб./м <sup>2</sup>	$S_{\text{рем}}^{\text{ст}},$ м <sup>2</sup>	$S_{\text{рем}}^{\text{пот}},$ м <sup>2</sup>	$S_{\text{рем}}^{\text{пол}}$ м <sup>2</sup>
1	15000	10000	5000	1000	300	2300	80	100	100
2	17000	6000	12000	1500	600	3600	68	60	60
3	22000	10000	13000	1200	250	4250	84	100	100
4	16000	5000	10000	1300	360	5360	70	50	50
5	9000	8000	25000	1400	710	3710	90	80	80
6	12000	7000	11000	1100	840	3840	70	70	70
7	27000	6000	9000	2000	910	7910	420	600	600
8	30000	3000	16000	1200	670	9670	240	300	300
9	23000	12000	18000	2100	520	8520	86	120	120
10	14000	9000	19000	1000	800	7800	96	90	90
11	16000	10000	17000	1900	820	6820	88	100	100
12	15000	2000	14000	3000	970	7970	180	200	200
13	17000	10000	5000	1000	1050	7050	89	100	100
14	22000	5000	12000	1500	2000	2880	60	50	50
15	16000	8000	13000	1200	300	8300	88	80	80
16	9000	7000	10000	1300	600	12600	74	70	70
17	12000	6000	25000	1400	5250	5250	66	60	60
18	27000	3000	11000	1100	360	17360	90	130	130
19	30000	12000	9000	2000	710	8710	90	120	120
20	23000	9000	16000	1200	840	9840	96	90	90
21	14000	10000	18000	2100	910	9910	84	100	100
22	16000	2900	19000	1000	670	9670	236	290	290
23	15000	10000	17000	1900	520	14520	90	100	100
24	17000	5000	14000	3000	800	12800	55	50	50
25	22000	8000	5000	1000	820	9820	92	80	80
26	16000	7000	12000	1500	970	9970	74	70	70
27	9000	6000	13000	1200	1050	16050	64	60	60
28	12000	3000	10000	1300	5000	5000	236	300	300
29	27000	12000	25000	1400	300	17300	94	120	120
30	30000	9005	11000	1100	600	12600	78	90	90

Таблица 4.9.6.

**Исходные данные для расчета ущерба при пожаре от  
уничтожения здания физического лица**

Номер варианта	Объем дома (квартиры), уничтоженного пожаром, м <sup>3</sup>	Стоимость 1 м <sup>3</sup> дома данного типа, млн. руб	Примечание
1	300	5	
2	180	7	
3	320	8	
4	450	6	
5	240	9	
6	210	8	
7	180	7	
8	900	6	
9	360	14	
10	270	9	
11	300	12	
12	600	9	
13	150	8	
14	240	24	
15	210	22	
16	280	10	
17	180	12	
18	390	18	
19	360	32	
20	270	33	
21	300	23	
22	570	49	
23	300	11	
24	150	16	
25	240	17	
26	210	22	
27	180	28	
28	400	29	
29	360	30	
30	270	21	

Выполняем расчет ущерба государству от расходов на обеспечение функционирования пожарных, аварийно-спасательных подразделений ( $P_{пс}$ ) (исходные данные в табл. 4.9.8). Расход равен:

$$P_{пс} = (Z_{сотр} \cdot N) / Q, \quad (4.9.15)$$

где  $Z_{сотр}$  – затраты на одного сотрудника пожарных, аварийно-спасательных подразделений в год (руб./чел.);  $N$  – численность сотрудников пожарных, аварийно-спасательных подразделений (чел.);  $Q$  – среднее количество пожаров в год.

Производим расчет ущерба государству от выбытия из производственной сферы травмированных и погибших людей ( $Y_{л}$ ) (исходные данные в табл. 4.9.8 и 4.9.9<sup>97</sup>).

Таблица 4.9.7

**Исходные данные для расчета ущерба при пожаре от уничтожения имущества физического лица (в млн. руб.)**

Номер варианта	Стоимость хол.-од., теле-виз., комп. $C_1$	Стоимость мебели $C_2$	Стоимость одежды $C_3$	Стоимость проч. имущества $C_{общ.}$	Стоимость ин-дивид. имущества $C_{инд}$	Кол-во жильцов $K$
1	2,5	7,7	7,4	3,2	0,3	3
2	3,2	5,9	6,5	2,25	0,4	4
3	2,25	9	4,6	1,6	0,2	5
4	1,6	7,4	8,2	1,7	0,1	4
5	1,7	6,5	15	2,0	0,6	6
6	2,0	4,6	4,0	1,8	0,7	3
7	1,8	8,2	4,8	2,2	0,5	5
8	2,2	15	11	2,7	0,3	4
9	2,7	4,0	13	1,9	0,4	5
10	1,9	4,8	7	2,9	0,2	6
11	2,9	11	10	3,4	0,1	7
12	3,4	13	6	2,5	0,6	3
13	2,5	7	10	4,6	0,7	4
14	4,6	10	11	2,2	0,5	5
15	2,2	6	12	1,95	0,3	4
16	1,95	10	8	1,8	0,4	6
17	2,0	11	4	1,8	0,2	3
18	1,8	12	3,5	2,27	0,1	5
19	2,7	8	10	2,8	0,6	4
20	2,6	4	11	4,1	0,7	5
21	3,4	3,5	12	3,5	0,5	6
22	1,8	10	8	2,2	0,3	7
23	1,8	11	4	2,3	0,4	3
24	2,27	12	7,4	2,0	0,2	4
25	2,8	8	6,5	1,8	0,1	5
26	4,1	4	4,6	1,8	0,6	4
27	3,5	3,5	8,2	2,27	0,7	6
28	2,2	3	15	2,8	0,5	3
29	2,3	4	4,0	4,1	0,3	5
30	2,0	5	4,8	3,5	0,4	4

$$Y_{л} = Y_{гиб} + Y_{тр} \quad (4.9.16)$$

где  $Y_{гиб}$  – ущерб от гибели людей;  $Y_{тр}$  – ущерб от травмирования людей.  
Рассчитываем ущерб от гибели людей ( $Y_{гиб}$ )

<sup>97</sup> В таблице 4.9.9 принято, что потери рабочих дней в результате травмирования для всех травмированных людей в данном варианте задачи одинаково, т.е.  $Y_{тр} = ВП \cdot T_{тр} \cdot n$

$$Y_{\text{гиб}} = \text{ВП} \cdot \sum_{i=1}^n (T_{\text{пенс}i} - T_i) \quad (4.9.16a)$$

где ВП – валовой продукт в расчете на одного человека в год (руб./чел.);  $T_i$  – возраст  $i$ -го погибшего человека (лет);  $T_{\text{пенс}}$  – возраст выхода на пенсию в соответствии с законодательством (лет);  $n$  – количество погибших (чел.).

Расчет ущерба от травмирования людей ( $Y_{\text{тр}}$ )

$$Y_{\text{тр}} = \text{ВП} \cdot \sum_{i=1}^n T_{\text{тпи}} \quad (4.9.17)$$

где ВП – валовой продукт в расчете на одного человека в день (руб./чел.);  $T_{\text{тпи}}$  – потери рабочих дней в результате травмирования одного человека;  $n$  – количество травмированных (чел.).

**Задача 3. Расчет экологического ущерба.** Расчет ущерба государства от загрязнения окружающей среды в результате пожара и его ликвидации ( $Y_{\text{эк}}$ ) рассчитываем по формуле:

$$Y_{\text{эк}} = Y_{\text{вод}} + Y_{\text{атм}} + Y_{\text{почв}} \quad (4.9.18)$$

где  $Y_{\text{вод}}$  – ущерб, причиненный водному бассейну;  $Y_{\text{атм}}$  – ущерб, причиненный атмосфере;  $Y_{\text{почв}}$  – ущерб, причиненный почве.

На практике, в результате пожара чаще всего наносится экологический ущерб от загрязнения атмосферы.

*Внимание!* Расчет экологического ущерба на занятии не проводится ввиду большого объема вычислений, а также учитывая, что оценка экологического ущерба проводится на отдельном занятии. Экологический ущерб берется из табл. 4.9.10.

Расчет ущерба государству от недополученных налогов из-за простоя предприятия в результате пожара ( $Y_{\text{нал}}$ ) (исходные данные см. в табл. 4.9.9)

$$Y_{\text{нал}} = \frac{C_{\text{нал}}}{t} \cdot D, \quad (4.9.19)$$

где  $C_{\text{нал}}$  – сумма налогов, уплаченная предприятием за период, предшествующий месяцу возникновения пожара (руб.);  $t$  – количество дней в периоде, за который рассчитана сумма налогов;  $D$  – количество дней простоя предприятия или его подразделений, вызванного пожаром.

Таблица 4.9.8.

### Исходные данные для расчета ущерба государству от пожара

№ п/п	Для расчета расходов на пожарных и спасателей			Для расчета ущерба от гибели людей					
	$Z_{\text{согр}}$ , руб/чел	N, чел	Q, шт	ВП, руб/чел	$T_1$ чел	$T_2$ чел	$T_3$ чел	$T_{\text{пен}}$ лет	n, чел
1	500000	20000	15000	7620	50 лет 2 чел	40 лет 10 чел	–	55	12
2	600000	20000	13000	7630	45 лет 3 чел	50 лет 1 чел	55 лет, 1 чел	55	5
3	900000	21000	14000	7640	45 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	55 лет, 1 чел	60	11
4	800000	23000	14500	7700	50 лет 2 чел	40 лет 4 чел	50 лет, 2 чел	60	8

## Окончание таблицы 4.9.8.

№ п/п	Для расчета расходов на пожарных и спасателей			Для расчета ущерба от гибели людей					
	З <sub>сotr</sub> , руб/чел	N, чел	Q, шт	ВП, руб/чел	T <sub>1</sub> чел	T <sub>2</sub> чел	T <sub>3</sub> чел	T <sub>пен</sub> лет	n, чел
5	780000	24000	13500	7500	45 лет, 5 чел	50 лет, 4 чел	55 лет, 1 чел	55	10
6	890000	21000	15000	7800	50 лет, 2 чел	40 лет, 12 чел	–	60	14
7	700000	25000	14560	7680	50 лет, 1 чел	40 лет, 2 чел	55 лет, 12 чел	60	15
8	900000	25500	15000	7500	50 лет, 2 чел	40 лет, 10 чел	32 года, 1	55	13
9	690000	30000	13000	8000	44 лет, 5 чел	51 год, 1 чел	35 лет, 1 чел	55	7
10	788800	27000	14000	8050	43 лет, 5 чел	50 лет, 3 чел	35 лет, 1 чел	55	9
11	599900	28000	14500	7620	45 лет, 5 чел	52 года, 5 чел	55 лет, 1 чел	55	16
12	500000	25600	13500	7630	48 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	55 лет, 1 чел	60	12
13	600000	20000	15000	7640	46 лет, 5 чел	25 лет, 5 чел	56 лет, 1 чел	60	5
14	900000	20000	14560	7700	45 лет, 5 чел	20 лет, 5 чел	55 лет, 1 чел	55	11
15	800000	21000	15000	7500	32 лет, 5 чел	42 лет, 2 чел	55 лет, 1 чел	60	8
16	780000	23000	13000	7800	37 лет, 5 чел	25 лет, 5 чел	–	60	10
17	890000	24000	14000	7680	47 лет, 5 чел	30 лет, 5 чел	28 лет, 4 чел	55	14
18	700000	21000	14500	7500	27 лет, 5 чел	40 лет, 5 чел	52 года, 5 чел	55	15
19	900000	25000	13500	8000	29 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	33 года, 3 чел	55	13
20	690000	25500	15000	8050	35 лет, 5 чел	40 лет, 2 чел	–	55	7
21	788800	30000	14560	7620	26 лет, 5 чел	50 лет, 4 чел	–	60	9
22	599900	27000	15000	7630	45 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	28 лет, 6 чел	60	16
23	500000	28000	13000	7640	45 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	47 лет, 2 чел	55	12
24	600000	25600	14000	7700	40 лет, 2 чел	50 лет, 3 чел	–	60	5
25	900000	20000	14500	7500	35 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	52 года, 1 чел	60	11
26	800000	20000	13500	7800	36 лет, 2 чел	49 лет, 5 чел	29 лет, 1 чел	55	8
27	780000	21000	15000	7680	35 лет, 5 чел	30 лет, 5 чел	–	55	10
28	890000	23000	14560	7500	45 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	55 лет, 4 чел	55	14
29	700000	24000	15000	8000	35 лет, 5 чел	30 лет, 5 чел	55 лет, 5 чел	55	15
30	900000	21000	15900	8050	45 лет, 5 чел	50 лет, 5 чел	55 лет, 3 чел	60	13

**Задача 4.** Расчет общего ущерба юридическому, физическому лицу и государству. Общий ущерб юридическому лицу и государству вычисляется, физическому лицу и государству вычисляется соответственно по формулам

$$Y_1 = Y_c^{юр} + Y_r \quad (4.9.20)$$

Таблица 4.9.9.

**Исходные данные для расчета ущерба государству от пожара**

№ варианта	Для расчета ущерба от травмирования людей			Для расчета ущерба от недополучения налогов		
	ВП руб./чел	T <sub>тр</sub>	n	C <sub>нал.</sub> руб	t, дней	Д, дней
1	21	30	20	500 000	30	20
2	21	15	36	2 000 000	30	30
3	21	18	16	4 000 000	30	20
4	21,3	25	15	50 000 000	90	60
5	22	30	12	34 000 000	60	50
6	24	37	41	70 000 000	90	40
7	20	28	22	85 000 000	100	50
8	22	27	12	400 000	30	10
9	22	30	26	7 000 000	30	90
10	23	60	13	5 000 000	30	16
11	20	18	42	5 000 000	30	20
12	20	28	11	2 000 000	30	32
13	20	32	14	4 000 000	30	20
14	21	20	43	50 000 000	90	61
15	21	35	56	34 000 000	60	30
16	21	26	14	70 000 000	90	40
17	20	28	22	85 000 000	100	55
18	21	40	17	400 000	30	10
19	21	41	16	7 000 000	30	88
20	21	29	19	5 000 000	30	17
21	20	33	21	500 000	30	20
22	20	22	19	2 000 000	30	36
23	20	34	32	400 000	30	20
24	21	44	17	50 000 000	90	60
25	21	18	18	34 000 000	60	54
26	21	28	20	70 000 000	90	40
27	22	33	30	85 000 000	100	50
28	21	50	23	400 000	30	13
29	22	45	24	7 000 000	30	90
30	22	40	25	3 000 000	30	14



Таблица 4.9.10.

### Результаты расчетов экологического ущерба

Номер варианта	Ущерб от загрязнения атмосферы, млн. руб.	Ущерб от загрязнения водного бассейна, млн. руб.	Ущерб от загрязнения почвы, млн. руб.
1	66	—	1
2	17	—	0,5
3	12	2	—
4	14	—	—
5	22	3	2
6	18	—	1,5
7	19	7	1
8	26	4	3
9	33	—	1
10	34	2	—
11	17	4	4
12	21	—	6
13	13	2	2
14	16	—	4
15	13	3	—
16	23	—	2,5
17	66	—	1
18	17	—	0,5
19	12	2	—
20	14	—	—
21	22	3	2
22	18	—	1,5
23	19	7	1
24	16	4	3
25	13	—	1
26	14	2	—
27	17	4	4
28	21	—	7
29	13	2	2
30	19	—	4

$$Y_2 = Y_c^{\text{физ}} + Y_r^{\text{98}}$$

Общий ущерб от пожаров на предприятии и жилого дома вычисляют по формуле

$$Y = Y_1 + Y_2 \quad (4.9.21)$$

<sup>98</sup> При расчете  $Y_r$  для физических лиц учитывать, что пожарные формирования принимали участие в тушении пожара, но травмированных и погибших жильцов не было. Поэтому принимать, что  $Y_r = P_{\text{пс}}$ .

## ВЫВОДЫ

о выполнении расчетной работы по теме «Оценка экономического ущерба от пожаров» студента \_\_\_\_\_

Вариант № \_\_\_\_ Учебная группа \_\_\_\_\_

Таблица 4.9.11.

№ задачи	Определялись при решении задач	Результат	Примечание
1	Ущерб по основным средствам предприятия		
	Ущерб по оборотным средствам предприятия		
	Прямой ущерб от пожара предприятию		
	Затраты на ликвидацию пожара		
	Упущенная выгода в результате простоя предприятия		
	Затраты на возмещение вреда, причиненного		
	Косвенный ущерб предприятию от пожара		
2	Ущерб от повреждения здания		
	Ущерб от уничтожения здания		
	Ущерб от повреждения (уничтожения) имущества		
	Ущерб физическому лицу от пожара		
3	Расходы государства на обеспечение функционирования пожарных и спасателей		
	Ущерб государству от гибели людей		
	Ущерб государству от травмирования людей		
	Ущерб государству от выбытия травмированных и погибших людей		
	Ущерб от загрязнения атмосферы		
	Ущерб от загрязнения водного бассейна		
	Ущерб от загрязнения почвы		
	Экологический ущерб от пожара		
	Ущерб от недополучения налогов в результате простоя предприятия		
	Общий ущерб государству от пожара		
4	Общий ущерб государству, юридическому и физическому лицу		

## 4.10 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО ВЗРЫВО- И ПОЖАРО ОПАСНОСТИ<sup>99</sup>

**Цель работы:** Освоить методику расчетов для определения категорий зданий и сооружений по взрыво- и пожарной опасности, которые представляют опасность для населения и объектов.

4.10.1 **Порядок выполнения работы.** 1) Прочитать «Основные теоретические сведения», 2) Ознакомиться с методикой выполнения расчета. 3) Выписать из табл. 4.10.4 исходные данные (номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале). 4) Рассчитать избыточное давление взрыва для горючих газов (ГГ), паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей. 5) Сделать заключение о категории помещения по взрыво- и пожаро опасности с помощью табл. 4.10.1. 6) Оформить отчет по выполнению практической работы и представить ее у преподавателю.

#### 4.10.2 Общие положения

Под *пожаром* понимают неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Он может принимать различные формы, однако все они сводятся к химической реакции между горючим веществом и кислородом воздуха (или другим окислителем), возникшей при наличии инициатора горения или в результате самовоспламенения.

Образование пламени связано с газообразным состоянием веществ, поэтому горение жидких и твердых веществ предполагает их переход в газообразную фазу. В случае горения жидкостей этот процесс обычно заключается в простом кипении с испарением у поверхности.

*Воспламенение* – это возгорание, сопровождающееся появлением пламени. Концентрационные пределы воспламенения – минимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя. Верхний концентрационный предел – максимальная концентрация, при которой еще возможно распространение пламени.

*Пожаро- и взрывоопасность веществ* характеризуется многими параметрами: температурами воспламенения, вспышки, самовозгорания; нижним (НКПВ) и верхним (ВКПВ) концентрационными пределами воспламенения; скоростью распространения пламени; линейной и массовой (г/с) скоростями горения и выгорания веществ. Наиболее опасны горючие смеси с малым нижним и большим верхним пределами воспламенения. К таким смесям от-

---

<sup>99</sup> Методика, разработанная С.В. Дорожкой, В.Т. Пустовитом, Л.Н. Цуприк приводится в адаптированном к учебному комплексу виде. Опубликовано в «Учебно-методическом пособии к практическим занятиям по «Защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций». / ч 1. Минск: Изд-во БНТУ. 2006– С. 40–53.

носят, например, водород – воздух (НКПВ – 4,1% и ВКПВ – 74,5%), ацетилен-воздух (НКПВ – 2,3% и ВКПВ – 81%) и др.

Таблица 4.10.1

### Категории зданий по взрыво- и пожароопасности

Категории помещений по взрыво- и пожароопасности	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
<p style="text-align: center;"><b>А</b> Взрывопожарная</p>	<p>Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости (температура вспышки не выше 28°C) в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа</p> <p>Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа</p>
<p style="text-align: center;"><b>Б</b> Взрыво- и пожароопасная</p>	<p>Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости (температура вспышки – выше 28 °С), горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.</p>
<p style="text-align: center;"><b>В<sub>1</sub>—В<sub>4</sub></b> Пожароопасные</p>	<p>Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы ( в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они хранятся или обращаются, не относятся к категории А или Б</p>
<p style="text-align: center;"><b>Г</b> Частично пожароопасные</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в горячем или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигают и утилизируют в качестве топлива.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Д</b> Непожароопасные</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии</p>

*Пожаро- и взрывоопасность производства* определяется параметрами пожароопасности, количеством используемых в технологических процессах материалов и веществ, конструктивными особенностями и режимами работы оборудования, наличием возможных источников зажигания и условий для быстрого распространения огня в случае пожара. Температура воспламенения – это минимальная температура веществ, при которой происходит возгорание. Температура вспышки – минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются газы и пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания. Вспыхивание – быстрое сгорание без образования сжатых газов. Температура самовозгорания – самая низкая температура, при которой происходит увеличение скорости экзотер-

мической реакции (при отсутствии источника зажигания), заканчивающейся пламенным горением.

Согласно Нормам пожарной безопасности все объекты в соответствии с характером технологического процесса по взрыво- и пожарной опасности подразделяются на 5 категорий (табл. 4.10.1).

Нормы, приведенные в табл. 4.10.1, не распространяются на здания для производства и хранения взрывчатых веществ, средств инициирования взрывов, на здания и сооружения, проектируемые по специальным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке.

Категорию зданий для предприятий и учреждений определяют на стадии проектирования в соответствии с Нормами пожарной безопасности, ведомственными нормами технического проектирования или специальными перечнями для выполнения нормативных требований по обеспечению взрыво- и пожаробезопасности зданий (по планировке и застройке, этажности, площади, размещению помещений, конструктивным решениям инженерного оборудования).

Категории взрыво- и пожароопасности зданий определяют для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества, пожарных свойств и особенностей технологических процессов.

Пожарные свойства веществ и материалов определяют на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Категорию помещений определяют путем последовательной проверки их принадлежности к категориям от высшей (А) к низшей (Д) в соответствии со следующими рекомендациями:

1. Здание относят к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в нем превышает 5% площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>. Если помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения, допускается не относить к категории А здания и сооружения, в которых доля помещений категории А составляет менее 25 % (но не более 1000 м<sup>2</sup>).

2. Здания и сооружения относят к категории Б, если они не относятся к категории А и суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м<sup>2</sup>. Допускается не относить здания к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в ней помещений (но не более 1000 м<sup>2</sup>) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

3. Здание относят к категории В, если оно не относится к категории А и Б и суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5% (10%, если в здании нет помещений категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. Если помещения категорий А, Б, В оборудованы установками автоматического пожаротушения, допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений А, Б и В в здании не превышает 25%

(но не более 3500 м<sup>2</sup>) суммарной площади всех размещенных в нем помещений.

4. Здание относят к категории Г, если здание не относится к категориям А, Б и В и суммарная площадь помещений А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м<sup>2</sup>), а помещения категорий А, Б, В и Г оборудованы установками автоматического пожаротушения.

5. Здания, не отнесенные к категориям А, Б, В и Г, относят к категории Д.

#### 4.10.3 Методика расчета

При расчете значений критериев взрыво- и пожароопасности в качестве расчетного следует выбирать самый неблагоприятный вариант аварии или такой период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует максимальное количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Чтобы определить категорию здания на взрыво- и пожароопасность, необходимо рассчитать избыточное давление взрыва  $\Delta P$  и сравнить его со значениями, приведенными в табл. 4.10.1.

**Задача 1.** Расчет избыточного давления взрыва ( $\Delta P$ ) для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Расчет избыточного давления взрыва для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Br, I, F, производится по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{mZ}{V_{св}} \cdot \frac{100}{C_{см}} \cdot \frac{1}{K_n} \cdot \frac{1}{\rho_{г.п}} \quad (4.10.1)$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической газозвушной или парозвушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным при отсутствии данных допускается принимать  $P_{\max}$  900 кПа;  $P_0$  – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);  $m$  – масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляется для ГГ по формуле (4.10.2), кг;  $Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения (определяется по таблице 4.10.2);  $V_{св}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $\rho_{г.п}$  – плотность газа или пара, кг/м<sup>3</sup> (вычисляется по формуле (4.10.7));  $C_{см}$  – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), вычисляемая по формуле (4.10.8);  $K_n$  – коэффициент, учитывающий не герметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принять  $K_n = 3$ ).

Масса горючих газов (ГГ) и паров ЛВЖ и ГЖ, кг

$$m = (V_a - V_T) \rho_{г.п.} \quad (4.10.2)$$

где  $V_a$  – объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;  $V_T$  – объем газа, вышедшего из трубопровода, м<sup>3</sup>.

$$V_a = 0,01 P_1 V, \quad (4.10.3)$$

где  $P_1$  – давление в аппарате, кПа;  $V$  – объем аппарата,  $m^3$

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (4.10.4)$$

где  $V_{1T}$  – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения,  $m^3$ ;  $V_{2T}$  – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения,  $m^3$ .

$$V_{1T} = q T, \quad (4.10.5)$$

где  $q$  – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и других параметров,  $m^3/c$ ;  $T$  – расчетное время отключения трубопроводов; определяется в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии, с.  $T$  следует принять равным: А) времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (10 с); Б) 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов; В) 300 с при ручном отключении.

Под временем срабатывания и временем отключения следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (разрыв, изменение нормального давления и т.д.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

И общем случае:

$$V_{2T} = 0,01\pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n) \quad (4.10.6)$$

где  $P_2$  – максимальное давление в трубопроводе по техническому регламенту, кПа;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – внутренний радиус трубопроводов, м;  $L_1, L_2, \dots, L_n$  – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Коэффициент участия горючего во взрыве  $Z$  можно рассчитать по характеру распределения газов и паров в объеме помещения. Значения его приведены ниже (табл. 4.10.2).

Свободный объем помещения ( $m^3$ ) определяют как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать, условно равным 80 % геометрического объема помещения.

Плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м, равна:

$$\rho_{г.п} = \frac{M}{(V_0 + 0,367t_p)}, \quad (4.10.7)$$

где  $M$  – молярная масса, кг/кмоль;  $V_0$  – молярный объем, равный 22,413  $m^3/кмоль$ ;  $t_p$  – расчетная температура,  $^{\circ}C$ .

Таблица 4.10.2.

**Коэффициент участия горючего во взрыве**

Вид горючего вещества	Значение величины $Z$
Водород	1,0
Газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, если возможно образование аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, если образование аэрозоля невозможно	0

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом ее возможного повышения в аварийной ситуации.

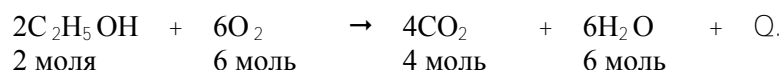
Если такого значения расчетной температуры по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной  $61^{\circ}\text{C}$ .

Стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, %, равна:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (4.10.8)$$

где  $\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения.

Стехиометрические коэффициенты – это небольшие числа, которые показывают, в каком количестве реагируют и образуются вещества в результате реакции. Стехиометрические коэффициенты подбирают в соответствии с законом сохранения вещества: количество атомов до и после реакции должно быть одинаковым.



Стехиометрический коэффициент можно также рассчитать по формуле:

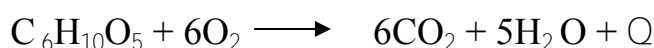
$$\beta = n_c + \frac{n_H}{4} - \frac{n_x}{4} - \frac{n_o}{2}, \quad (4.10.9)$$

где  $n_c, n_H, n_o, n_x$  – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего.

**4.10.4 Пример определения  $\beta$** 

Необходимо определить стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения хлопковой пыли. Формула хлопка  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

Уравнение реакции горения



где  $n_c = 6$ ;  $n_H = 10$ ;  $n_o = 5$ ;  $n_x = 0$ ;  $\beta = 6 + (10-0)/4 - 5/2 = 6$ ,



Таблица 4.10.3

## Справочный материал

Название горючего вещества	Формула горючего вещества	Формула горения вещества	Молярная масса М
Метан	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> + 2O <sub>2</sub> → CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O + Q	16
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + 3O <sub>2</sub> → 2CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O + Q	28
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + 5O <sub>2</sub> → 4CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O + Q	26
Ацетон	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \end{array}$	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O + 4O <sub>2</sub> → 3CO <sub>2</sub> + 3H <sub>2</sub> O + Q	58
Этанол	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	2C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O + 6O <sub>2</sub> → 4CO <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O + Q	46

т.е. стехиометрический коэффициент  $\beta = 6$ , что равно числу молекул кислорода, участвующих в реакции горения.

Таблица 4.10.4.

## Варианты заданий

№ п/п	Наименование цеха (здания) и его объем V, м <sup>3</sup>	Наименование ГГ, ЛВЖ, ГЖ и его формула	Объем аппарата V <sub>1</sub> , м <sup>3</sup>	Давление в аппарате P <sub>1</sub> , кПа	Максимальное давление в трубопроводе P <sub>2</sub> , кПа	Расход газа (ЛВЖ) q, м <sup>3</sup> /с	Внутренний радиус трубопроводов r, м	Длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижки L, м
1	Цех по производству аммиака, 20000	Метан CH <sub>4</sub>	10	600	660	2,5	0,25	15
2	Цех по производству полиэтилена высокого давления, 50 000	Этен (этилен) C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	20	1000	1500	3,5	0,3	40
3	Цех сварки крупногабаритных конструкций, 100 000	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	30	500	150	1,5	0,15	60
4	Цех лакокрасочных покрытий, 10000	Ацетон $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \end{array}$	15	200	200	0,5	0,10	30
5	Цех по производству искусственного каучука, 60 000	Спирт C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	40	900	300	0,35	0,05	200
6	Цех по производству сажи, 30 000	Метан CH <sub>4</sub>	5	400	200	0,4	0,05; 0,025	15; 10
7	Цех по производству каучука, 25000	Этен (этилен) C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3	300	150	1,75	0,10; 0,5	20; 17
8	Цех по производству ацетилена, 9000	Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	8	1500	800	1,5	0,15; 0,025	10; 20
9	Цех по производству нитрокрасок, 15 000	Ацетон $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \end{array}$	2	150	150	0,75	0,025	30

## Окончание таблицы 4.10.4.

№ п/п	Наименование цеха (здания) и его объем $V$ , м <sup>3</sup>	Наименование ГГ, ЛВЖ, ГЖ и его формула	Объем аппарата $V_3$ , м <sup>3</sup>	Давление в аппарате $P_1$ , кПа	Максимальное давление в трубопроводе $P_2$ , кПа	Расход газа (ЛВЖ) $q$ , м <sup>3</sup> /с	Внутренний радиус трубопроводов $r$ , м	Длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижки $L$ , м
10	Сварочный цех, 12 000	Ацетилен $C_2H_2$	7	500	150	0,3	0,015	25
11	Цех по производству водки, 15 500	Спирт $C_2H_5OH$	2	120	150	0,2	0,025	30
12	Цех по производству аммиака, 75000	Метан $CH_4$	3	300	200	1,75	0,05	20
13	Малярный цех, 6 000	Ацетон $\begin{array}{c} O \\    \\ CH_3-C-CH_3 \end{array}$	4	300	250	0,28	0,05	42
14	То же, 9 000	То же	8	350	250	0,28	0,05	50
15	То же, 10 000	То же	2	600	300	1,5	0,03	35
16	То же, 8 000	То же	6	250	200	0,5	0,015	59
17	Сварочный цех, 12 000	Ацетилен $C_2H_2$	1,5	500	170	0,77	0,03	80
18	То же, 45 000	То же	7	300	150	0,8	0,025	25
19	То же, 18 000	То же	4	600	200	0,7	0,015	37
20	То же, 95 000	То же	4,4	550	170	0,3	0,025	43
21	То же, 22 000	То же	25	700	350	0,95	0,03	45
22	Цех по производству искусственного каучука, 150 000	Спирт $C_2H_5OH$	3,7	300	350	1,3	0,05; 0,03	30; 25
23	То же, 250000	То же	8,7	570	420	1,7	0,15; 0,03	40; 17
24	То же, 9 000	То же	20	350	320	0,25	0,075	18
25	То же, 85 000	То же	12	600	550	0,4	0,055	26
26	Цех по производству искусственного каучука, 150 000	Спирт $C_2H_5OH$	15	555	250	0,2	0,015	20
27	Цех по производству полиэтилена высокого давления, 150 000	Этен (этилен) $C_2H_4$	7,5	700	500	0,5	0,06	18
28	То же, 120 000	То же	1,5	1000	800	0,6	0,045	60
29	То же, 250 000	То же	9	600	400	0,75	0,035	30
30	То же, 95 000	То же	8	650	350	0,25	0,09	42

Примечание: Время срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов: для вариантов 1–10–10 с; 11–20–20 с; 20–30–120 с.

## ОТЧЕТ

о выполнении расчетной работы по теме «Определение категорий зданий и сооружений по взрыво- и пожароопасности» студента \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ учебной группы

Таблица 4.10.5.

№ п/п	Определяемые параметры	Результат	Оценка
1	Написать формулу реакции горения		
2	Молярная масса $M$ , кг/кмоль		
3	Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения $\beta$		
4	Стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, $C_{ст}$ , %		
5	Плотность газа или пара $\rho_{г.п}$ при расчетной темпе-		

	ратуре, кг/м		
6	Коэффициент участия горючего во взрыве $Z$		
7	Объем газа $V_{2г}$ , вышедшего из трубопровода после его отключения, $м^3$		
8	Объем газа $V_{1г}$ , вышедшего из трубопровода до его отключения, $м^3$		
9	Объем газа $V_T$ , вышедшего из трубопровода, $м^3$		
10	Объем аппарата $V$ , $м^3$		
11	$V_a$ – объем газа, вышедшего из аппарата, $м^3$		
12	Масса горючих газов (ГГ) $m$ , кг		
13	Избыточное давление взрыва $\Delta P$ для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов <b>C, H, O, N, Br, I, F</b> , кПа		
14	Выводы по объекту по взрыво- и пожароопасности		

#### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ТЕМЕ 4

1. Назовите общие положения по обеспечению безопасности людей в ЧС.
2. Какие известны основные мероприятия защиты населения в чрезвычайных ситуациях и условия их применения?
3. Какие используют способы защиты населения?
4. Что называют временным отселением?
5. Какие используют защитные сооружения ГО и порядок их работы?
6. Какие известны средства индивидуальной защиты, порядок их накопления, хранения и выдачи населению?
7. Какие используют медицинские средства защиты?
8. Как производят ликвидацию ЧС силами ГСЧС и ГО и их последствия?
9. Какие основы организации аварийно-спасательных и других неотложных работ?
10. Какие используют приемы и способы спасательных и других работ в очагах разрушений, пожаров, химического, радиоактивного и биологического загрязнения, в зонах эпидемий, природных и экологических бедствий?
11. Какие рекомендуются правила поведения и способы обеспечения безопасности людей и объектов в природных, техногенных, экологических, биолого-социальных чрезвычайных ситуациях, а также в условиях терроризма?
12. Какие рекомендуются правила поведения людей и особенности оказания первой медицинской помощи пострадавшим в природных, техногенных и экологических чрезвычайных ситуациях?
13. Какие особенности защиты населения и объектов в условиях ЧС?
14. Какие особенности защиты людей, объектов и природной среды в условиях военного положения. ЧС, которые могут возникнуть при применении новых видов оружия?
15. Какие пути техногенного рассеивания тяжелых металлов?
16. Как влияет накопление тяжелых металлов в почве на человека?
17. Какие имеются критерий оценки степени опасности загрязненных почв и растительности тяжелыми металлами? Назвать эти величины для свинца, установленные в РБ.

18. Какие факторы влияют на загрязненность придорожной зоны автомагистрали?
19. Какие используют технические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду\*
20. Биологические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду.
21. Порядок выполнения лабораторной работы.
22. Какая сущность метода ААС?
23. Какие вы знаете источники загрязнения окружающей среды нитратами?
24. Какая предельная допустимая концентрация нитратов в питьевой воде установлена в Беларуси?
25. На чем основан фотометрический метод определения содержания вещества в водном растворе?
26. Что описывает закон Бугера-Ламберта-Бера?
27. Из каких составных частей состоит фотометр? Принцип работы фотометра.
28. Как определяется концентрация нитратов в грунтовой воде?
29. Назовите физические и химические методы очистки воды.
30. Какие существуют основные техногенные воздействия на живые организмы углеводородных составляющих нефти?
31. Какие основные принципы хроматографии?
32. Какие основные принципы хромато-масс-спектрометрии?
33. Каким образом проводится аналитический анализ углеводородов из водной пробы с помощью тенаксовой трубочки и прибора ММ-1?
34. Какие существуют основные современные методы рекультивации грунтовых вод от нефти?
35. Какими основными критериями определяется выбор той или иной технологии рекультивации?

## ГЛОССАРИЙ

**Абсорбция** – поглощение вещества из газовой или жидкой среды всей массой другого вещества (абсорбента).

**Аварийное химически опасное вещество (АХОВ, ранее СДЯВ)** – это химическое вещество, применяемое в экономике, которое при разливе или выбросе может приводить к загрязнению воздуха на уровне поражающих концентраций.

**Авария** – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей, приводящие к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса а также к нанесению ущерба окружающей природной среде, не связанное с гибелью людей. Крупная авария, как правило, с человеческими жертвами, является катастрофой.

**Авария радиационная** – авария на радиационно опасном объекте, приводящая к выходу или выбросу радиоактивных веществ и (или) ионизирующих излучений за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации данного объекта границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасности его эксплуатации.

**Авария химическая** – нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и животных.

**Адсорбция** – поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела (адсорбента) или жидкости.

**Амальгама** – металлическая система, одним из компонентов которой является ртуть. В зависимости от характера взаимодействия и соотношения компонентов, а также температуры амальгама представляет: жидкий раствор, твердый раствор, кристаллическое химическое соединение, гетерогенную смесь химического соединения и раствора ртути.

**Антидоты (противоядия)** – химические соединения, способные обезвреживать попавшие в организм яды или отравляющие вещества.

**Биолого-социальная ЧС** – это состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования сельскохозяйственных животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, из-за широкого распространения инфекционных болезней, потерь сельскохозяйственных животных и растений.

**Вторичное облако** – облако загрязненного воздуха АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося опасного вещества с подстилающей поверхности.

**Демеркуризаторы** – вещества, которые вступают в химическое взаимодействие с металлической ртутью и (или) ее соединениями, в результате чего образуются устойчивые и малотоксичные продукты.

**Демеркуризация** – удаление ртути и ее соединений физико-химическими или механическими способами с целью исключения отравления людей и животных. Является одним из этапов выполнения аварийно-восстановительных работ в ЧС, когда в результате выброса (разлива) металлической ртути происходит загрязнение помещений.

**Депозит сорбированной или скопившейся металлической ртути** – место на загрязненном объекте, являющееся источником вторичного загрязнения ее парами.

**Десорбция** – удаление из жидкостей или твердых тел веществ, поглощенных при адсорбции и абсорбции.

**Детектор** – устройство для преобразования падающую на него световую энергию в электрический сигнал. В атомно-абсорбционном спектрометре для этой цели всегда используют фотоумножители.

**Зона загрязнения АХОВ** – территория, на которой концентрация АХОВ достигает значений, опасных для жизни людей.

**Зона чрезвычайной экологической ситуации** – территория, в пределах которой в результате хозяйственной или иной деятельности, разрушительного действия стихийных сил природы и имевшей место аварии происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью людей, состоянию естественных экологических систем, природному генетическому фонду.

**Зона экологического бедствия** – территория, в пределах которой в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения среды, ведущие к существенному ухудшению здоровья населения, нарушению природного равновесия, разрушению естественных экологических систем, деградации почв, флоры и фауны.

**Зона экологической катастрофы** – это территория где происходит переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает ее непригодной для жизни человека.

**Изотермия** – такое состояние приземной атмосферы, когда температура воздуха примерно одинакова по высоте (20–30 м от поверхности почвы). Вертикального перемещения воздуха почти не наблюдается.

**Инверсия** – такое состояние приземной атмосферы, когда нижние слои воздуха холоднее и тяжелее верхних слоев. Вертикальное перемещение воздуха происходит в летнее или зимнее время ночью или рано утром в ясные малооблачные дни в нисходящем направлении. Загрязненное облако распространяется на большую глубину (десятки км).

**Источник ЧС** – опасное природное явление или процесс, техногенное происшествие, инфекционное заболевание, в результате которого на определенной территории создается чрезвычайная ситуация.

**Карантин** – система временных организационных, режимно-ограничительных, административно-хозяйственных, санитарно-

эпидемиологических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение распространения инфекционной болезни и обеспечение локализации эпидемического, эпизоотического или эпифитотического очагов и последующую их ликвидацию.

**Конвекция** – такое состояние атмосферы, когда верхние слои воздуха имеют более низкую температуру, чем приземные. Приземный воздух как более теплый и легкий, поднимается вверх, вызывая сильное рассеивание паров и аэрозолей АХОВ.

**Коэффициент защищенности укрытия** – отношение расчетной токсодозы, накопленной человеком за определенный промежуток времени на открытой местности, к значению токсодозы, накопленной за тот же промежуток времени при нахождении в укрытии.

**Критерии эффективности демеркуризации** – снижение загрязненности аварийных объектов до допустимых норм.

**Мониторинг окружающей среды** – это система наблюдений и контроля, проводимых регулярно, по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения.

**Монохроматор** – устройство для выделения узкого участка спектра; его основные детали – щели, линзы, зеркала и диспергирующие элементы (призмы, дифракционные решетки и др.).

**Обеспечение промышленной безопасности в ЧС** – принятие и соблюдение норм, выполнение экологозащитных, отраслевых или ведомственных требований и правил, а также проведение комплекса организационных, технологических и инженерно-технических мероприятий, направленных на предотвращение промышленных аварий и катастроф в зонах ЧС (ГОСТ 22.0.05-97).

**Обсервация** – режимно-ограничительные мероприятия, предусматривающие наряду с усилением медицинского и ветеринарного наблюдения и проведением противоэпидемических, лечебно-профилактических и ветеринарно-санитарных мероприятий, ограничение перемещения и передвижения людей или сельскохозяйственных животных во всех сопредельных с зоной карантина административно-территориальных образованиях, которые создают зону обсервации.

**Объекты экономики** – предприятия промышленности, транспорта, колхозы, совхозы, другие субъекты хозяйствования, решающие задачи экономики и социальной сферы.

**Опасное природное явление** – событие природного происхождения или состояние элементов природной среды, которое по интенсивности, масштабу распространения и продолжительности может оказать негативное воздействие на жизнедеятельность людей, объекты экономики и окружающую природную среду.

**Опасность** – это вероятность тех или иных опасных процессов, явлений, техногенных происшествий, которые могут явиться причиной чрезвычайных событий.

**Оценка химической обстановки** – это выявление масштабов и степени химического загрязнения местности в результате аварии на химически опасном объекте, а также степени воздействия АХОВ на население, и выбор различных вариантов защиты, исключающих поражение людей.

**Панзоотия** – массовое одновременное распространение инфекционной болезни сельскохозяйственных животных с высоким уровнем заболеваемости на огромной территории с охватом целых регионов, нескольких стран и материков.

**Панфитотия** – массовое заболевание растений и резкое увеличение вредителей сельскохозяйственных растений на территории нескольких стран или континентов.

**Первичное облако** – облако загрязненного воздуха АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин) перехода в атмосферу всего объема или части АХОВ из емкости при ее разрушении или повреждении.

**Площадь зоны возможного загрязнения АХОВ** – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

**Площадь зоны фактического загрязнения АХОВ** – площадь территории, загрязнения АХОВ в опасных для жизни и пределах.

**Пороговая токсодоза** – ингаляционная токсическая доза, вызывающая начальные симптомы поражения.

**Предельно-допустимая концентрация (ПДК)** – концентрация, которая при ежедневном воздействии на человека в течение длительного времени не вызывает патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами диагностики.

**Природная ЧС** – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника природной ЧС, который может повлечь или повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

**Прогнозирование масштаба загрязнения АХОВ** – определение глубины и площади зоны загрязнения АХОВ.

**Прогнозирование ЧС** – опережающее отражение вероятности возникновения и развития ЧС на основе анализа возможных причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем.

**Промышленная авария** – авария на промышленном объекте, в технической системе или на промышленной установке.

**Промышленная безопасность в ЧС** – состояние защищенности населения, производственного персонала, объектов народного хозяйства и окружающей природной среды от опасностей, возникающих при промышленных авариях и катастрофах в зонах ЧС (ГОСТ 22.0.05-97).

**Промышленная безопасность опасных производственных объектов** – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.



**Промышленная катастрофа** – крупная промышленная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушения и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде.

**Разрушение химически опасного объекта** – результат катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

**Социальные ЧС** – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате возникновения опасных противоречий и конфликтов в сфере социальных отношений, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери или нарушение условий жизнедеятельности людей.

**Стихийное бедствие** — это разрушительное природное и (или) природно-антропогенное явление или процесс значительного масштаба, в результате которого может возникнуть или возникла угроза жизни и здоровью людей, произойти разрушение или уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды.

**Техногенная ЧС** – это состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде.

**Устойчивость объекта** – способность его инженерно-технического комплекса (зданий, сооружений, оборудования, инженерных, энергетических, транспортных и других коммуникаций) противостоять разрушительному действию источников ЧС.

**Устойчивость работы объекта** – его способность выполнять заданные функции не только в нормальных, но и в ЧС, предупреждать возникновение аварий и катастроф на объекте.

**Химически опасный объект (экономики)** – объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений АХОВ.

**Чрезвычайная ситуация (ЧС)** – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

**Чрезвычайное событие** – это событие природного или антропогенного происхождения, заключающееся в отклонении от нормы протекающих процессов или явлений и оказывающее (могущее оказать) отрицательное воздействие на жизнедеятельность людей, функционирование экономики, социальную сферу и природную среду.

**Эквивалентное количество АХОВ** – такое количество хлора, масштаб загрязнения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

**Экологическая ЧС** – обстановка, сложившаяся на данной территории в результате возникновения источника ЧС, который повлек или может повлечь за собой разрушение отдельных экологических систем, ухудшение здоровья населения и сокращение продолжительности жизни не менее чем в 1,3 раза.

**Энзоотия** – одновременное распространение инфекционной болезни среди сельскохозяйственных животных в определенной местности; хозяйстве или пункте, природные, и хозяйственно-экономические условия которых исключают повсеместное распространение данной болезни.

**Эпидемия** – массовое, прогрессирующее во времени и пространстве в пределах определенного региона распространение инфекционной болезни людей, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

**Эпизоотия** – одновременное прогрессирующее во времени и пространстве в пределах определенного региона распространение инфекционной болезни среди большого числа одного или многих видов сельскохозяйственных животных, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

**Эпифитотия** – массовое, прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание сельскохозяйственных растений и/или резкое увеличение численности вредителей растений, сопровождающееся массовой гибелью сельскохозяйственных культур и снижением их продуктивности.

**Эффективность демеркуризации** – степень снижения загрязненности поверхности и (или) воздуха и воды в результате обработки, включая механические способы сбора ртути и ее соединений.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Агапов В.К. Организаций хирургической помощи пострадавшим с СДС при массовых санитарных потерях мирного времени М. 1991.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987.
3. Анализ окружающей природной среды. Горький: ГГУ, 1990.
4. Анестезиология и реаниматология / Под ред. И.М. Чижана, Санкт-Петербург, 1995.
5. Астапов В.П., Баринголец Б.С., Тищенко В.Г., Шишканов М.М., Врублевский В.В. Демеркуризационные работы: Учебное пособие: – Мн.:, 2001.
6. Бобок С.А., Юртушкин В.И. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий. – М.: «Издательство ГНОМ и Д», 2000.
7. Бога АА Военная токсикология и токсикология экстремальных ситуаций. Мн., 1997.
8. Большая медицинская энциклопедия. Изд-во «Советская энциклопедия», М. Т.Т. 4, 8, 9, 16, 17, 21, 29, 30, 31, 34, 35 – 1963.
9. Булай П.И. Первая помощь при травмах, несчастных случаях и некоторых заболеваниях: Краткий справочник- 2-е изд. дол. - Мн. : Беларусь, 1984.
10. Буянов В.М. Первая медицинская помощь. Учебник для медицинских училищ. М.: Медицина, 1981.
11. Васильев В.С., Комар В.И., Цыркунов В.П. Практика инфекциониста. «Вышэйшая школа», Мн. – 1994. – 495 с.
12. Виноградов А.В., Шашовец В.В.. Медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях. – М.: Военные знания, 1996.
13. ГОСТ 12631–67. Коэффициент качества ионизирующих излучений, М., 1967.
14. ГОСТ 8848–63. Единицы радиоактивности и ионизирующих излучений, М., 1964.
15. Государственные доклады о состоянии окружающей среды в Республике Беларусь. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
16. Гринев М.В. Ершова И.Н. Справочник врача скорой и неотложной медицинской помощи. М.: Политехника, 1994.
17. Гродзенский Д. Э. Радиобиология. М., 1966. 630 с.
18. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от ОМП. Справочник. «Вышэйшая школа», Киев, 1989.
19. Дзикович И.Б., Ролевич И.В., Шевчук В.Е. Радиационная медицина матери и ребёнка. Минск, 1999. 145 с.
20. Дорожко С.В., В.П. Бубнов, В.Т. Пустовит. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Часть 3. Радиационная безопасность. – Мн.: «Технопринт», 2003. 210 с.
21. Дорожко С.В., В.Т. Пустовит, Г.И. Морзак, В.Ф. Мурашко. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиацион-

ная безопасность. Часть 2. Система выживания населения и защита территорий в чрезвычайных ситуациях. – Мн.: «Технопринт», 2002. 262 с.

22. Дорожко С.В., В.Т. Пустовит, Г.И. Морзак. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Часть 1. Чрезвычайные ситуации и их предупреждение. – Мн.: «Технопринт», 2005. 214 с.

23. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. -М.: Высшая школа, 1991.

24. Елисеев О.М. Справочник по оказанию скорой и неотложной помощи. «Лейла», СПб. – 1996. – 559 с.

25. Емельянов В.М., Коханов В.Н., Некрасов П.А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие. – М.: Академический проект, 2003.

26. Зайцев А.П. «Защита населения в чрезвычайные ситуации», выпуск №2 (темы с 8 по 14). – М.: «Военное знание», 2000.

27. Защита окружающей среды от техногенных воздействий. – М.: МГОУ, 1993.

28. Кадастр источников загрязнения поверхностных водных ресурсов в бассейнах Днепра, Припяти, Западной Двины и Немана. Мн.: ЦНИИКиВР, 1995.

29. Как убедить предприятия уменьшить количество промышленных отходов? Руководство для граждан. ИНФОРМ РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1995.

30. Камменер Ю.Ю., Кутырев А.К. Защитные сооружения гражданской обороны. – М.: «Энергоатомиздат», 1987.

31. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991. 180 с.

32. Котляревский В.А. и др. Убежища гражданской обороны. – М.: «Стройиздат», 1989.

33. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Радиационная биофизика. М., 1979. 240 с.

34. Кузин А. М., Радиационная биохимия, М., 1962. 190 с.

35. Кузьмичёва А.Т., Шарлай И.В. Детские инфекционные болезни. «Медицина», М. – 1978. – 512 с.

36. Лиманский Ю.П., Самсонюк И.З. Неотложная помощь своими руками. Киев, «Здоровье», 1995.

37. Лобкович Э.И. Основы экономической теории. – Мн.: «МИСАНТА», 1995.

38. Люцко А.М., Ролевич И.В., Тернов В.И. Чернобыль: шанс выжить. Мн.: Польша, 1996. 181 с.

39. Материалы 2-й Международной конференции МЧС, Мн., 2003.

40. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. М.: Энергоатомиздат, 1984. 260 с.

41. Мугин О.Г. Чрезвычайные ситуации. «Мир», М, 2003.

42. Национальная безопасность РБ в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций «Право и экономика», Мн, 2003.

43. Новиков В.Д., Козик П.Л. и др. Оценка экономического ущерба от пожаров. Сборник научных трудов МЧС.– Мн.: «Технопринт», 2005.
44. Нормы радиационной безопасности. НРБ-2000. Мн., 2000. 109 с.
45. Ожоги: (Руководство для врачей) / Под ред. Б.С. Вихирова, М.В., Бурмистрова, Л.: Медицина, 1991.
46. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. ОСП-2002. Мн., 2003. 98 с.
47. Первая медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях / Учебное пособие для спасателей. Под ред. В.К. Агапова / Всесоюзный центр медицины катастроф. – «Защита», М. – 1995. – 603 с.
48. Первая помощь: Справ. пособие. – Мн.: Евроферлаг. -1999.
49. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: МГУ, 1993.
50. Радиационная безопасность. Часть 2. – Мн.: «Технопринт», 2002.
51. Ролевич И.В. и др. Радиационная безопасность. / И. В. Ролевич [и др.]. – Мн., Изд-во РИВШ, 2010. – 320 с.
52. Ролевич, И. В. и др. Радиационная безопасность после техногенных аварий: курс лекций / И. В. Ролевич [и др.]. – Мн., Изд-во Дикта, 2010. – 632 с.
53. Руководящий документ «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях на ХОО» РД 52.04.253 – 90, Л, 1991.
54. Симоненко В.Б. Неотложная помощь при лекарственных, бытовых и производственных отравлениях. М.: ВЦМК «Защита», 1995.
55. Современные проблемы радиобиологии. /Под общ. ред. А. М. Кузина, т. 2, М., 1971. 190 с.
56. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 1995 год / Под общ. ред. чл.-корр. АН Беларуси В.Ф. Логинова. Минск: ИПИПРЭ АНБ, 1996.
57. Справочник практического врача. Под ред. И.Г. Кочергина. М.: медицина 1973.
58. Тимофеев-Ресовский Н.В. О принципах попадания и мишеней в радиобиологии // Первичные и начальные процессы биологического действия радиации. М.: Наука, 1972. С.26-29.
59. Тимофеев-Ресовский Н.В., Иванов В.И., Корогодин В.И. Применение принципа попадания в радиобиологии. М., 1968. 228 с.
60. Тимофеев-Ресовский Н.В., Савич А.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию. М., 1981. 319 с.
61. Учебно-методическое пособие по оказанию первой медицинской помощи // Мн., 2003. – 59 с.
62. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.Б. Алесковского. Л.: Химия, 1988.
63. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ: Пер. с болг. / Под ред. С.З. Яковлевой. Л.: Химия, 1983.
64. Худолей В.В. Экологически опасные факторы. Санкт-Петербург, 1996.

65. Черствой Е.Д. Неотложные состояния в медицинской практике. Мн., 1995.
66. Чещевик А.Б., Ролевич И.В. и др. Факторы риска последствий чернобыльской катастрофы. Мн., 2001. 320 с.
67. Шаховец В.В., Виноградов А.В. Первая медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях /учебное пособие, М.: 1998.
68. Юденич В.В. Первая помощь пострадавшим на пожаре. М. Стройиздат, 1983.
69. Яншин А.Л., Мелуа А.Н. Уроки экологических просчетов. М.: Мысль, 1991.
70. Jarrett DG. Medical Management of Radiological Casualties. Bethesda, MD: Armed Forces Radiobiology Research Institute; 1999. 150 p.
71. National Research Council, Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. Health Effects of Exposures to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR V. Washington, D.C. National Academy Press, 1990, P. 27-30.
72. Radioactivity in the marine environment, Wash., 1971. 130 p.
73. Recommendations of the International Committee on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP, 1990 vol.21, No.1-3. Oxford, New York: Pergamon Press, 1991, P. 15.
74. Radioactive contamination of the marine environment. Proceedings of a symposium IAEA, Vienna, 1973; The sea, v. 5, N. Y., 1974. 95 p.
75. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation. New York: United Nations, 1993, P. 16-17.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список использованных сокращений.....	3
Нормативно правовые акты в области защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций	4
Введение.....	6
Часть I Радиационная безопасность.....	8
Предисловие.....	8
1 Физическая природа и источники радиационной опасности ..	10
1.1 Лекция: Радиоактивные превращения ядер.....	10
Памятка для студентов по работе в лабораториях и аудиториях кафедры «Экология».....	21
1.2 Практическая работа. Расчетные задачи.....	22
1.3 Лекция: Ионизирующие излучения, их характеристики. Методы измерений.....	30
1.4 Лабораторная работа. Дозиметрия ионизирующих излучений бытовые дозиметры и радиометры.....	42
1.5 Практическая работа. Оценка доз внешнего и внутреннего радиационного облучения человека.....	48
1.6 Лабораторная работа. Измерение удельной активности почвы, загрязненной радионуклидами после аварии на ЧАЭС.....	54
Вопросы к зачету по теме 1.....	57
2 Основы радиационной безопасности живых организмов.....	59
2.1 Лекция: Биологическое действие ионизирующих излучений.....	59
2.2 Лекция: Принципы, критерии и нормы радиационной безопасности.....	65
2.3 Лабораторная работа. Определение активности изотопов цезия и калия в строительных материалах.....	72
Вопросы к зачету по теме 2.....	77
3 Катастрофа на Чернобыльской АЭС и ее последствия для Республики Беларусь.....	79
3.1 Лекция: Катастрофа на Чернобыльской АЭС, особенности радиоактивного загрязнения территории и ее последствия для Республики Беларусь.....	79
3.2 Практическая работа. Оценка радиационной обстановки при радиоактивном загрязнении местности после аварии на АЭС.....	84
3.3 Лабораторная работа. Определение удельной $\beta$ -активности даров леса.....	95

Вопросы к зачету по теме 3.....	98
4 Мероприятия по радиационной защите.....	99
4.1 Лекция: Мероприятия по радиационной защите и радиационной безопасности населения.....	99
4.2 Лабораторная работа. Защита от ионизирующего излучения.....	109
4.3 Лабораторная работа. Определение удельной $\beta$ -активности продуктов питания.....	111
4.4 Лабораторная работа. Определение удельной активности радионуклидов в пробах горны пород.....	114
4.5 Практическая работа. Оценка радиационной опасности и основных способов противорадиационной защиты.....	119
Вопросы к зачету по теме 4.....	125
Глоссарий.....	127
Часть II Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций.....	137
1 Теоретические основы безопасности жизнедеятельности человека.....	137
1.1 Лекция: Безопасность – базовый фактор устойчивого развития человеческого общества.....	137
1.2 Лекция: Физиологические и психологические возможности выживания в чрезвычайных ситуациях.....	144
1.3 Практическая работа. Оценка устойчивости потенциально-опасного объекта к воздействию воздушной ударной волны....	149
1.4 Практическая работа. Демеркуризационные работы.....	156
Вопросы к зачету по теме 1.....	164
2 Краткая характеристика чрезвычайных ситуаций.....	166
2.1 Лекция: Природные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации.....	166
2.2 Лекция: Техногенные и экологические чрезвычайные ситуации.....	172
2.3 Лекция: Чрезвычайные ситуации, возникающие при угрозе, ведении военных действий или вследствие этих действий.....	184
2.4 Практическая работа. Оценка ущерба от химических загрязнений в экологических чрезвычайных ситуациях.....	190
2.5 Практическая работа. Действия населения в биолого-социальных чрезвычайных ситуациях.....	203
Вопросы к зачету по теме 2.....	216
3 Чрезвычайных ситуаций и реагирование на них.....	218
3.1 Лекция: Государственная, национальная и общественная безопасность.....	218
3.2 Лекция: Основные направления деятельности по предупреждению чрезвычайных ситуаций, снижению рисков и ущербов в экономике.....	231



3.3 Лекция: Обеспечение безопасности объектов экономики и природной среды.....	236
3.4 Практическая работа. Прогнозирование и оценка химической обстановки техногенной чрезвычайной ситуации.....	251
3.5 Практическая работа. Оценка чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением гидросферы нитратами.....	263
3.6 Практическая работа. Прогнозирование и оценка опасности взрывов и пожаров на объектах.....	267
3.7 Практическая работа. Прогнозирование и оценка химической обстановки в результате аварии на объекте с выбросом аммиака.....	277
Вопросы к зачету по теме 3.....	289
4. Действия органов управления, сил ГСЧС, ГО и населения в чрезвычайных ситуациях.....	292
4.1 Лекция: Обеспечению безопасности людей в чрезвычайных ситуациях.....	292
4.2 Лекция: Ликвидация чрезвычайных ситуаций и их последствий силами ГСЧС и ГО.....	300
4.3 Лекция: Защита населения и объектов в условиях чрезвычайного положения.....	316
4.4 Практическая работа. Оказание первой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях техногенного характера.....	321
4.5 Практическая работа. Определение уровня загрязнения грунтовых вод нефтью и проведение рекультивационных работ после аварии на нефтепроводе.....	345
4.6 Практическая работа. Оценка и предупреждение чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением почвы тяжелыми металлами.....	355
4.7 Практическая работа. Средства коллективной и индивидуальной защиты населения в чрезвычайных ситуациях.....	366
4.8 Практическая работа. Управление в чрезвычайных ситуациях. Выработка и принятие решения на эвакуацию.....	376
4.9 Практическая работа. Оценка экономического ущерба субъектам хозяйствования и государству в результате пожаров.....	387
4.10 Практическая работа. Определение категорий зданий и сооружений по взрыво- и пожаро опасности.....	403
Вопросы к зачету по теме 4.....	411
Глоссарий.....	413
Использованная литература.....	419