



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Экология»

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям**

**Минск
БНТУ
2016**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Экология»

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
для студентов специальности 1-57 01 02
«Экологический менеджмент и аудит
в промышленности»

Под редакцией И. В. Ролевича

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства*

Минск
БНТУ
2016

УДК 614.876(076.5)

ББК 51.26я7

3-40

А в т о р ы :

Г. И. Морзак, И. В. Ролевич,

С. А. Хорева, Л. Н. Цуприк

Р е ц е н з е н т ы :

канд. техн. наук, доцент, зав. НИЛ «Экопром» *В. И. Глуховский;*

кафедра «Инженерная психология и эргономика» БГУИР

(зав. кафедрой *К. Д. Яшин*)

Защита населения и объектов при чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности 1-57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности» / Г. И. Морзак [и др.] ; под ред. И. В. Ролевича. – Минск : БНТУ, 2016. – 167 с.
ISBN 978-985-550-784-1.

В издании представлены основные практические работы по разделам: теоретические основы безопасности жизнедеятельности человека, характеристика чрезвычайных ситуаций, предупреждение чрезвычайных ситуаций и реагирование на них, действия органов управления, сил ГСЧС, ГО и населения в чрезвычайных ситуациях и мероприятия по радиационной защите.

УДК 614.876(076.5)

ББК 51.26я7

ISBN 978-985-550-784-1

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	5
Практическое занятие № 1. Оценка и предупреждение чрезвычайной ситуации, вызванной загрязнением почвы тяжелыми металлами	5
Практическое занятие № 2. Действия населения в биолого-социальных чрезвычайных ситуациях	9
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РЕАГИРОВАНИЕ НА НИХ	24
Практическое занятие № 3. Прогнозирование и оценка химической обстановки при техногенной чрезвычайной ситуации	24
Практическое занятие № 4. Оценка устойчивости потенциально опасного объекта к воздействию воздушной ударной волны	36
Практическое занятие № 5. Прогнозирование и оценка опасности взрывов и пожаров на объектах	43
ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИЛ ГСЧС, ГО И НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	59
Практическое занятие № 6. Средства индивидуальной и коллективной защиты населения при чрезвычайных ситуациях	59
Практическое занятие № 7. Оказание первой медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях техногенного характера	69
Практическое занятие № 8. Демеркуризационные работы	88
Практическое занятие № 9. Оценка ущерба от химических загрязнений при экологических чрезвычайных ситуациях	100
Практическое занятие № 10. Ликвидация чрезвычайной ситуации, вызванной аварией на нефтепроводе, и оценка ее последствий	116
МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ	132
Практическое занятие № 11. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки после аварии на АЭС	132
Практическое занятие № 12. Оценка радиационной опасности и основных способов противорадиационной защиты	148
Практическое занятие № 13. Оценка доз внешнего и внутреннего радиационного облучения человека	157
Список использованной литературы	166

ВВЕДЕНИЕ

В пособии изложены особенности защиты населения и объектов при чрезвычайных ситуациях (ЧС) и меры радиационной безопасности как в аварийных условиях, так и во время работы в обычном режиме. Систематизирована и обобщена современная практическая информация по дисциплине, а также даны рекомендации по прогнозированию и профилактике ЧС на опасных объектах.

Пособие будет полезно в непрерывном образовании на дневной и заочной формах обучения при изучении предметов «Защита населения и объектов при ЧС. Радиационная безопасность» и «Безопасность жизнедеятельности». В типовом плане дисциплин они относятся к блоку обязательных.

Издание можно использовать для всех факультетов БНТУ с целью эффективного изучения предмета. Пособие повысит качество усвоения учебного материала благодаря объединению теоретических знаний с практическими навыками, что способствует выработке у студентов навыков по безопасному проживанию и мотивации к самостоятельной работе. С одной стороны, она обеспечит подготовку инженеров, способных предупреждать техногенные ЧС на своих участках работы, а с другой – повысит общую грамотность специалистов по правилам поведения и способам выживания в ЧС XXI века.

Выражаем сердечную благодарность В. П. Бубнову, С. В. Дорожко, Н. Ф. Макаревич, В. Т. Пустовиту, Т. А. Реут, Е. К. Смирновой и Т. А. Тавгень за помощь в подготовке пособия.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Практическое занятие № 1

ОЦЕНКА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ [1]

Цель работы:

- произвести количественное определение содержания свинца в районе техногенного загрязнения;
- дать экологическую оценку состояния почвы придорожной полосы автомобильной дороги;
- внести предложения по снижению содержания свинца в почве региона, прилегающего к автострате.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы и [2, с. 101–124].
2. Записать исходные данные своего варианта, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.
3. Выполнить необходимые расчеты по приведенной ниже методике. Рассчитать степень загрязнения свинцом почвы придорожной полосы (20 м) автомагистрали с интенсивным движением транспорта.
4. Дать экологическую оценку состояния почвенного покрова в исследуемом месте.
5. Предложить меры по снижению содержания свинца в почве и ответить на вопросы преподавателя.

Теоретическая часть

На примере загрязнения почвы тяжелыми металлами ознакомимся с экологическими чрезвычайными ситуациями. Источниками таких ЧС являются индустриальные центры, промышленные города и автотранспорт.

Накапливающиеся в почве тяжелые металлы связывают ее питательные вещества, превращают их в недоступные для растений формы, снижают почвенное плодородие и урожайность. В условиях умеренного климата урожай зерновых снижается на 20–30 %, свек-

лы – на 35 %, картофеля – на 47 %. Выхлопные газы автотранспорта вызывают у растений хлороз, свертывание листовой пластинки и появление на них некротических пятен. В организме человека свинец вызывает серьезные поражения органов пищеварения, центральной и периферийной нервной системы и другие заболевания. Свинец накапливается в организме и не выводится.

Полученные результаты сравнивают как с ПДК, так и с местным фоном. В Беларуси фон для свинца составляет 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 районах городов.

Мероприятия, снижающие поступление свинца в окружающую среду, делят на две группы: технические, агрономические или биологические. Техническая группа защитных 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 (электричество, природный газ, синтетические спирты, аммиак, водород).

Биологические меры защиты направлены не на снижение общего количества свинца, а на снижение его подвижности в почве. К ним относят посадку защитных насаждений из кустарников и древесных пород вдоль автомагистралей. Защитные полосы должны состоять как минимум из одного ряда хвойных и двух рядов высокорослых быстрорастущих лиственных пород (берез, тополей и др.). Проводят также известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, подбор сельскохозяйственных культур, относительно слабо накапливающих свинец. Растение вика (горошек) больше всего поглощает и накапливает свинец в зеленой массе. За ней в убывающем порядке идут кукуруза, горох, клевер, пшеница, овес, ячмень.

Практическая часть

Для принятия мер по снижению содержания свинца и защиты от негативного его влияния определяют концентрацию металла мето-

дом атомно-абсорбционной спектрометрии. Метод основан на резонансном поглощении (абсорбции) света свободными атомами элемента, возникающими при пропускании пучка света через слой атомного пара.

Этапы работы приведены ниже.

1. Рассчитать *среднее значение абсорбции по данным трех измерений* в соответствии с индивидуальным вариантом. Результаты внести в тетрадь.

2. Построить *калибровочный график*, откладывая по оси абсцисс концентрацию, а по оси ординат – среднее значение абсорбции определяемого свинца в растворах.

3. По построенному графику и среднему значению абсорбции (табл. 1.1) определить *концентрацию свинца C_{Pb_x} в анализируемом растворе*.

Таблица 1.1

Данные для выполнения практической работы

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения абсорбции			Среднее значение абсорбции
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
Данные для построения калибровочного графика	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	
Данные абсорбции анализируемого раствора						
1	2	3	4	5	6	7
1	X	C_x	0,137	0,134	0,135	
2	X	C_x	0,144	0,146	0,142	
3	X	C_x	0,154	0,156	0,154	
4	X	C_x	0,164	0,167	0,166	
5	X	C_x	0,175	0,173	0,172	
6	X	C_x	0,177	0,179	0,179	
7	X	C_x	0,184	0,186	0,187	
8	X	C_x	0,194	0,192	0,193	
9	X	C_x	0,157	0,159	0,159	
10	X	C_x	0,181	0,182	0,183	
11	X	C_x	0,137	0,134	0,135	

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
12	X	C _x	0,144	0,146	0,142	
13	X	C _x	0,154	0,156	0,154	
14	X	C _x	0,164	0,167	0,166	
15	X	C _x	0,175	0,173	0,172	
16	X	C _x	0,177	0,179	0,179	
17	X	C _x	0,184	0,186	0,187	
18	X	C _x	0,194	0,192	0,193	
19	X	C _x	0,157	0,159	0,159	
20	X	C _x	0,181	0,182	0,183	
21	X	C _x	0,137	0,134	0,135	
22	X	C _x	0,144	0,146	0,142	
23	X	C _x	0,154	0,156	0,154	
24	X	C _x	0,164	0,167	0,166	
25	X	C _x	0,175	0,173	0,172	
26	X	C _x	0,177	0,179	0,179	
27	X	C _x	0,184	0,186	0,187	
28	X	C _x	0,194	0,192	0,193	
29	X	C _x	0,157	0,159	0,159	
30	X	C _x	0,181	0,182	0,183	

4. Рассчитать *содержание свинца в пробе почвы*, исходя из измеренной его концентрации в водном растворе, по формуле

$$C_{\text{Pb}} = C_{\text{Pb}_x} \frac{100}{30}, \text{ мг/кг,}$$

где C_{Pb_x} – концентрация Pb в водной вытяжке, мг/л;

100 – объем раствора водной вытяжки, мл;

30 – масса пробы почвы, г.

5. *Сравнить полученный результат с фоновым значением и ПДК свинца в почвах Беларуси*. Рассчитать в процентном отношении превышение концентрации свинца над фоновой. Дать экологическую оценку состояния почвы в исследуемой придорожной зоне.

Пользуясь данными табл. 1.2, предложить защитные меры с целью возможного использования исследуемой зоны под сельскохозяйственные угодья.

6. Проанализировать полученные результаты и сделать вывод.

Таблица 1.2

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

Выводы

Номер задания	Искомые величины	Результат
1	Концентрация свинца C_{Pb_x} в анализируемом растворе	
2	Концентрация свинца C_{Pb} в пробе почвы	
3	Превышение концентрации свинца Pb над фоновым значением	
4	Экологическая оценка состояния почвы в исследуемой придорожной зоне	
5	Меры защиты почв от загрязнения свинцом	

Практическое занятие № 2

ДЕЙСТВИЯ НАСЕЛЕНИЯ В БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ [3]

Цель работы:

- закрепить теоретические сведения, полученные на лекции;
- научиться оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим в биолого-социальных ЧС.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы и [2, с. 61–70].
2. Письменно ответить на вопросы теста.
3. Ответить на вопросы по результатам выполненной работы.

Теоретическая часть

Основные источники биолого-социальных ЧС

Брюшной тиф вызывается сальмонеллой. Источник возбудителя – больной человек и бациллоноситель.

Признаки заболевания: а) недомогание в течение 3–5 дней; б) повышение температуры тела; достигнув максимума, она в течение 3–5 недель остается высокой, после чего понижается ступенеобразно; в) сыпь появляется не ранее 8–9-го дня болезни, малозаметная; располагается на животе, груди, боковых отделах туловища, существует не более суток; наблюдаются новые высыпания; г) боли в животе или в области слепой кишки.

Меры профилактики заболевания.

1. Обеспечение населения безупречной в санитарном отношении водой. Очистка населенных мест от нечистот и устранение опасности загрязнения сточными водами водоемов, используемых для питьевых и хозяйственных целей.

2. Санитарно-пищевой надзор за системой общественного питания, торговой сетью и рынками.

3. Истребление мух на всех стадиях их развития и доступа их в помещения.

4. Выявление и срочная госпитализация больных и бациллоносителей.

5. Изоляция больного или бациллоносителя.

Неотложная помощь.

1. Строгий постельный режим больного, обильное питье.

2. Прием левомицетина по 2 г в сутки.

3. Госпитализация больного в инфекционное отделение.

Грипп. Возбудитель – вирусы. Источник инфекции – больной человек и вирусоноситель.

Признаки гриппа: а) озноб и быстрое (в течение 4–5 ч) повышение температуры тела до 38–40 °С, слабость, разбитость, головокружение, шум в ушах и головная боль; температура сохраняется 2–3 дня (редко 5 дней); б) сухость, першение в глотке, трахее, боль в глазных яблоках, особенно при движении их в стороны, конъюнктивит, слезотечение, насморк и сухой кашель; в) кожа лица покрасневшая, дыхание учащено, пульс уреченный. Грипп опасен осложнениями.

Меры профилактики заболевания.

1. Вакцинация накануне эпидемии.

2. На время эпидемии ограничивается посещение зрелищных массовых мероприятий, 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. Горчичники на переднюю поверхность грудной клетки.

При *неосложненном гриппе* лечение проводят дома; при *тяжелом течении болезни* вызывают врача и решают вопрос о госпитализации в больницу.

Дизентерия. Источник – больной человек и бактерионоситель.

Признаки дизентерии: а) короткий период недомогания, слабость, потеря аппетита; б) повышение температуры тела, понос и схваткообразная боль в животе по ходу сигмовидной кишки; в) температура тела повышается до 38–40 °С, учащается ритм сердца, артериальное давление (АД) снижается; г) дефекация до 10–15 и более раз в сутки; стул состоит из слизи или гноя с примесью крови.

Меры профилактики заболевания.

1. Пресечение путей распространения дизентерии.

2. Санитарная охрана источников водоснабжения, очистка и хлорирование воды.

3. Своевременное выявление и госпитализация больных.

Неотложная помощь.

1. Постельный режим; водно-чайная диета на 8–10 ч, обильное питье (5%-й раствор глюкозы, изотонический раствор хлорида натрия, отвар шиповника).

2. Госпитализация в инфекционное отделение больных *со среднетяжелыми и тяжелыми формами* болезни и по эпидемиологическим показаниям.

При лечении больного дома проводят текущую дезинфекцию, а за лицами, находившимися в контакте с больным, устанавливают семидневное медицинское наблюдение.

Желтая лихорадка – острое вирусное заболевание, передающееся трансмиссивным путем. Трансмиссивный механизм передачи

инфекции – передача инфекции, при которой возбудитель находится в кровеносной системе и лимфе; передается при укусах специфических и неспецифических переносчиков: укусе кровососущего членистоногого насекомого или клеща. В данном случае переносчиками выступают комары.

Признаки желтой лихорадки: а) общая слабость, сильная головная боль, головокружение, боли в пояснице, конечностях; б) температура тела поднимается до 39–40 °С и выше, озноб; в) покраснение лица, шеи и верхней части туловища, конъюнктивит, одутловатость лица; г) эйфория, раздражительность, бессонница, бред, галлюцинации, жажда, тошнота, рвота, учащенный пульс; д) на 3-й день желтушность кожи и склер, кровоточивость десен, носовые кровотечения, примесь крови в рвотных массах; е) увеличение в размерах и болезненность печени и селезенки; ж) на 4–5-е сутки снижается температура тела, улучшается общее состояние больных.

Меры профилактики заболевания: вакцинация людей, истребление комаров, защита от их нападения.

Неотложная помощь.

1. Постельный режим и тщательный уход за больным.
2. Лечение больного врачом.

Малярия. Возбудителями являются четыре вида малярийных плазмодиев. Встречаются местные очаги трех- и четырехдневной малярии.

Признаки малярии: а) до приступа: недомогание, слабость, разбитость, ухудшение аппетита и сна; б) приступы малярии: появляется ощущение холода и потрясающий озноб, температура тела 40–41 °С, сильная головная боль; приступы повторяются при трехдневной малярии через 48 ч, при четырехдневной – через 72 ч; в) сильная жажда, обильное потоотделение, температура тела падает до нормальных показателей и ниже.

Меры профилактики заболевания.

1. Меры по обезвреживанию источника инфекции (больной, паразитоноситель).

2. Истребление комаров.

3. Своевременное выявление и лечение больных малярией.

Неотложная помощь.

1. При ознобе больного тепло укутать, дать горячий сладкий чай.

2. Специфическое лечение назначает врач по общепринятой стандартной схеме, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

Менингококковая инфекция. Возбудитель – менингококк.

Признаки инфекции: а) резкий озноб и повышение температуры тела до 39–40 °С; головная боль и возбуждение; лицо красное, склеры и конъюнктивы глаз покрасневшие; б) на коже типичная геморрагическая сыпь в виде звездочек неправильной формы и разной величины с некрозом в центре; в) обширные кровоизлияния в кожу, склеры, конъюнктиву, мышцу сердца и другие внутренние органы; г) при сверхостром течении развивается инфекционно-токсический шок.

Неотложная помощь.

1. При повышении температуры тела до 40 °С и выше обнажить больного, положить холодный компресс на голову, обтереть тело холодной водой, обдуть вентилятором, дать таблетки, содержащие 0,5 г ацетилсалициловой кислоты и амидопирин.

2. Срочно госпитализировать больного спецтранспортом в инфекционное отделение.

Оспа натуральная вызывается фильтрующимся вирусом. Передается воздушно-капельным и бытовым путем. Инкубационный период составляет 7–17 дней.

Признаки оспы: а) озноб и повышение температуры тела до 40 °С; б) боли в поясничной области (крестце) и мышцах; в) головная боль, головокружение, рвота; г) «предвестниковая» сыпь на 2–3-й день болезни; держится от нескольких часов до 2–3 дней; 5) температура тела падает до нормальных показателей или ниже к 3–4-му дню болезни; е) боль в полости рта и при глотании, затруднения во время приема пищи, резь в глазах и светобоязнь, боль при мочеиспускании; ж) оспенная сыпь появляется с 3–5-го дня и располагается симметрично, но больше ее на лице, голове и дистальных отделах конечностей, ладони и стопы; з) повторное повышение температуры тела до 39–40 °С; и) общая слабость, затруднение дыхания, частый пульс, понижение АД, бред; к) отечность кожи, сильный зуд; л) вскрытие пустул, образование язв, вторичная бактериальная инфекция; м) подсыхание пустул с образованием корочек начиная с 9–10-го дня бо-

лезни; нормализация температуры тела, улучшение общего состояния больного; образование рубцов после отпадания корочек пустул.

Меры профилактики заболевания.

1. Своевременное выявление и госпитализация больных.

2. Массовая вакцинация и ревакцинация населения.

3. Обсервация людей, контактировавших с больным, сроком до 2 недель.

4. Дезинфекция личного имущества больного.

Неотложная помощь.

1. Уложить больного на кровать с удобным матрацем, надувными подушками и подкладочными кругами.

2. Вызвать врача и госпитализировать больного.

Сибирская язва вызывается сибиреязвенной палочкой, распространяемой больным крупным рогатым скотом, лошадьми, овцами, козами, свиньями, собаками, кошками и др. Человек заражается при уходе за больными животными, их убое, разделке туши, использовании меховой одежды, употреблении в пищу мясных изделий, вдыхании инфицированного воздуха и т. д.

Различают три типа заболеваний: 1) профессионально-сельскохозяйственный (19 %); 2) профессионально-индустриальный (61 %); 3) бытовой или случайный (15 %); 4) не установленный тип заболевания (5 %).

Признаки сибирской язвы.

Выделяют три формы сибирской язвы, каждая из которых имеет свое течение.

Кожная форма (95 % всех случаев заболеваний): а) образование на месте проникновения через кожу бациллы красноватых или синеватых пятнышек диаметром 1–3 мм, похожих на след от укуса блохи; б) отек тканей, окружающих струп; в) смерть от сепсиса на 1–3 сутки заболевания.

Кишечная форма развивается как сибиреязвенный сепсис. Заражение пищевое, связано с употреблением колбас, фарша, инфицированного мяса больных сибирской язвой животных.

Признаки кишечной формы: а) сильный озноб с повышением температуры тела до 39–40 °С, сильная головная боль, головокружение, общая слабость, рвота, боли в животе и пояснице, вздутие живота;

б) судороги, потеря сознания; в) болезнь длится 1–4 суток и заканчивается смертью. Крайне редко наступает выздоровление.

Легочная форма – профессиональное заболевание у лиц, занятых сортировкой шерсти, волос или обработкой кож зараженных животных.

Признаки легочной формы: а) озноб с повышением температуры тела до 39–40 °С; б) чувство стеснения и боли в груди, кашель, насморк и слезотечение; в) выделение при кашле пенистой мокроты, окрашенной кровью; г) смерть больного на 2–3 сутки.

Меры профилактики заболевания.

1. Сообщить в ближайшее лечебное учреждение и санэпидстанцию об инфицированном.

2. Изолировать больного.

3. Провести вакцинацию людей из группы риска.

Неотложная помощь.

1. Введение противосибирязвенной сыворотки и антибиотиков.

2. Срочная госпитализация в инфекционную больницу.

Сыпной тиф. Возбудитель – риккетсия Прованска; переносчик инфекции – платяная и головная вошь.

Признаки сыпного тифа: а) резкое повышение температуры до 38–39 °С; б) сыпь, появляющаяся на 4–5-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; сохраняется на протяжении всего лихорадочного периода, оставляя пигментацию.

Меры профилактики заболевания.

1. Раннее выявление и своевременная госпитализация больного.

2. Санитарная обработка больных и лиц, контактировавших с ними, проведение дезинсекции и др.

3. Иммунопрофилактика с помощью вакцин.

Неотложная помощь.

1. При высокой температуре тела кладут холодный компресс на голову и дают жаропонижающие средства.

2. Госпитализируют в инфекционное отделение специальным транспортом для инфекционных больных.

Холера вызывается холерными вибрионами. Источник инфекции – больные люди и вибрионосители. Инфекция передается с водой, пищей и предметами, загрязненными выделениями больного. Инкубационный период составляет от нескольких часов до 5 суток.

Признаки холеры: а) выделения из кишечника обильные, жидкие, окрашенные в желтый/зеленый цвет; б) рвота, урчание и плеск жидкости в животе; в) обезвоживание организма, изменение внешнего облика больного; г) болезненные судороги мышц ног и рук.

Меры профилактики заболевания.

1. Немедленно изолировать и госпитализировать больного в больницу.

2. Дезинфицировать помещение, где находился больной.

Неотложная помощь.

1. Немедленно ввести больному внутривенно теплый 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 мочеделения.

2. Срочно госпитализировать больного в инфекционное отделение специальным транспортом.

Чума – особо опасное инфекционное заболевание, вызываемое чумной палочкой. Источником заражения являются крысы, суслики, тарабаны, верблюды, а переносчиками возбудителя – блохи. Инкубационный период – 2–3 дня. Инфекция передается зараженными блохами. При их укусе возбудитель попадает в кровь человека.

Заболевание имеет бубонную, легочную и кишечную формы.

Признаки чумы: а) озноб, сильная головная боль, головокружение, высокая температура (до 39–40 °С); б) при *бубонной форме* – боль в паху или под мышками; в) при *легочной форме* – сильная одышка, режущие боли в груди, кашель с выделением кровянистой мокроты, нитевидный пульс; легочная форма наиболее опасная для жизни больного и для окружающих.

Кишечной форме заболевания характерно: вздутие живота, увеличение в размерах печени и селезенки; увеличение в размерах и развитии болезненности лимфатических узлов (паховых, бедренных, подмышечных, шейных) спустя 1–2 дня после начала болезни; покрасне-

ние кожи над лимфатическими узлами (бубонами), отек подкожной жировой клетчатки; развитие инфекционно-токсического шока.

Меры профилактики распространения заболевания.

1. Сообщить о зараженном в ближайшее лечебное учреждение и немедленно госпитализировать его в инфекционное отделение специальным транспортом.

2. Установить карантин.

3. Провести дезинфекцию, дезинсекцию и дератизацию в очаге заболевания.

4. Провести вакцинацию.

Неотложная помощь. Лечение больных чумой проводят в больнице, но по жизненным показаниям терапия может быть начата на дому под контролем врача.

Общие мероприятия по профилактике инфекционных заболеваний

Мероприятия проводят по трем направлениям: 1) обезвреживание источника инфекции; 2) разрыв путей передачи инфекции; 3) повышение невосприимчивости людей к инфекционным заболеваниям.

Важное значение имеют своевременное выявление инфекционных больных, ранняя их изоляция и госпитализация, а также контроль над соблюдением правил личной и общественной гигиены.

Дезинфекцию проводят с целью уничтожения возбудителей инфекционных заболеваний. Она бывает:

а) *профилактической* – для предупреждения возникновения или распространения инфекционных заболеваний; с этой целью систематически обеззараживают места общественного пользования;

б) *текущей* – для обеззараживания выделений инфекционного больного, а также предметов, окружающих его;

в) *заключительной* – проводится после госпитализации, выздоровления или смерти больного.

Методы дезинфекции делят на *физические, механические и химические*. Из физических методов обеззараживания наибольшее применение имеют огонь, горячий воздух, кипящая вода, водяной насыщенный пар и ультрафиолетовые лучи. Химические дезинфицирующие вещества применяют в виде растворов и взвесей, а также

в парообразном и газообразном состоянии. Чаще используют хлорную известь, хлорамин, лизол и др.

Дезинсекция – уничтожение насекомых. Используют *механические, физические, химические и биологические* методы. Истребление насекомых проводят с помощью различных ловушек, липкой бумаги, 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 (циперметрин, виртан) и бактериальные препараты (битоксибациллин, лепидоцид).

Дератизация – уничтожение грызунов. Для этого применяют яды, 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 – искусственная иммунизация людей во время прививок.

Особенно важно *соблюдать личную гигиену* лицам, оказывающим помощь пострадавшим. Уход за кожей – одно из главных требований личной гигиены. Мыться следует не реже одного раза в неделю, а при работе в условиях воздействия радиоактивных, бактериальных вредных веществ – ежедневно по окончании работы. Мыть водой с мылом руки необходимо часто и обязательно после посещения уборной, выполнения грязных работ и перед едой. К личной гигиене относится и уход за полостью рта, за одеждой, обувью, снаряжением, поддержание чистоты, режим питания, а также физическая культура.

Тесты

1. Почему некоторые заболевания получили название «особо опасные инфекции»?

- а) передаются с питьевой водой;
- б) заканчиваются высокой смертностью;
- в) вызывают обширные кровоизлияния в кожу;
- г) имеют тяжелую клиническую картину;
- д) выявляются при оказании первой медицинской помощи;
- е) обладают большой заразительностью.

2. Выберите три основных звена эпидемической цепи:

- а) наличие специализированного возбудителя;
- б) наличие восприимчивых к болезни людей;
- в) наличие путей передачи заболевания;
- г) комплекс санитарно-гигиенических мероприятий;
- д) наличие источника инфекции.

3. Какие признаки характерны для чумы?

- а) вздутие живота при кишечной форме чумы;
- б) боли в паху или под мышками при бубонной форме чумы;
- в) кашель с выделением кровянистой мокроты при кишечной форме чумы;
- г) режущие боли в груди и сильная одышка при легочной форме чумы;
- д) покрасневшая кожа над лимфатическими узлами, отечная подкожная жировая клетчатка при легочной форме.

4. Выберите меры профилактики распространения чумы:

- а) дезинфекция;
- б) ввод раствора сульфокамфокаина;
- в) ввод антибиотиков;
- г) госпитализация больного в инфекционное отделение специальным транспортом; карантин в очаге заболевания, дезинфекция, дезинсекция и дератизация, вакцинация.

5. Выберите признаки, характерные для холеры:

- а) боли в паху или под мышками;
- б) обильные, жидкие, окрашенные в желтый или зеленый цвет фекалии;
- в) сыпь по всему телу;
- г) сильная одышка, режущие боли в груди.

6. Какую неотложную помощь следует оказать больному при холере?

- 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 оспы необходимо предпринять?

а) избегать сквозняков, переохлаждения, воздействия токсических веществ;

б) своевременно использовать противогрибковые препараты;

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?

а) обширные кровоизлияния в кожу;

б) 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 желтой лихорадки:

а) образование красноватого или синеватого цвета пятнышка на месте проникновения через кожу бактерий по истечении инкубационного периода;

б) кашель с пенистой мокротой, окрашенной кровью;

в) обильные, жидкие и окрашенные в желтый или зеленый цвет фекалии;

г) рвота;

д) высокая температура тела, общая слабость, сильная головная боль, головокружение, боли в пояснице и конечностях.

10. Какую неотложную помощь следует оказать больному при брюшном тифе?

а) положить холодный компресс на голову, провести обтирание тела холодной водой, спиртом (70°) и дать жаропонижающие средства;

б) назначить строгий постельный режим, обильное питье, левомицетин по 2 г в сутки, госпитализация больного в инфекционное отделение;

в) провести санитарный контроль над учреждениями питания и торгово-продовольственной сетью, рынками;

г) поставить горчичники на переднюю поверхность грудной клетки;

д) сделать холодный компресс на голову, дать жаропонижающие средства.

11. Как при высокой температуре тела помочь больному гриппом?

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, изотонический раствор хлорида натрия, отвар шиповника;

г) дать больному хлорохин (делагил) и примахин по общепринятой стандартной схеме;

д) обеспечить больному покой, постельный режим, питье горячего молока и щелочного напитка.

12. Отметьте меры по предупреждению заболевания гриппом:

а) ограничить посещение массовых зрелищных мероприятий, временно закрыть школы, детские садики 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 кипяченую воду.

13. Выберите характерные признаки дизентерии:

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 поверхности живота и груди, боковых отделах туловища, шеи, в поясничной области, на сгибаемых 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 к дефекации;

д) очень бурное течение, нередко с обилием геморрагических проявлений на коже.

14. Какие меры профилактики дизентерии можно считать эффективными?

а) своевременная диагностика заболевания у животных, их изоляция и лечение, обезвреживание трупов животных, контроль над содержанием скотомогильников и др.;

б) санитарная охрана источников водоснабжения, очистка и хлорирование воды, соблюдение правил водопользования, спуска в общественные водоемы 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 садов на время эпидемии.

15. Как помочь больному малярией?

а) обеспечить полную изоляцию очага заболевания путем 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 нормализации температуры положить холодный компресс на голову, дать обильное питье, обеспечить покой;

д) обеспечить покой, постельный режим, дать горячее молоко либо горячее щелочное питье.

16. Выберите правильный вариант оказания неотложной помощи больным менингитом:

а) ввести сыворотку, антибиотики, средства, устраняющие нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы; срочно госпитализировать больного в инфекционную больницу;

б) при высокой температуре обнажить больного, положить холодный компресс на голову, сделать обтирание тела холодной водой, внутрь дать жаропонижающие средства; срочно госпитализировать в больницу;

в) срочно госпитализировать больного специальным автотранспортом в инфекционное отделение; при невозможной срочной госпитализации 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, обеспечить покой.

17. Какая форма заболевания сибирской язвой чаще всего встречается?

- а) септическая;
- б) кожная;
- в) легочная;
- г) кишечная.

18. Какой основной путь проникновения возбудителя сибирской язвы в организм?

- а) через желудочно-кишечный тракт;
- б) воздушно-капельным путем;
- в) через кожный покров;
- г) с укусом комаров;
- д) передаются мухами.

19. Выберите ведущий признак проявления сыпного тифа:

- 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. Выберите основные мероприятия по профилактике инфекционных заболеваний:

- 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.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РЕАГИРОВАНИЕ НА НИХ

Практическое занятие № 3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ [4]

Цель работы: научиться прогнозировать масштабы загрязнения аварийно химически опасными веществами (АХОВ) после аварии (разрушения) на химически опасном объекте и на транспорте.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [2, с. 177–201].
2. Выписать исходные данные своего варианта, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий (табл. 3.1, 3.2).
3. Приступить к выполнению работы.

Таблица 3.1

Исходные данные для решения задач 3.1–3.5

Номер варианта	Тип АХОВ	Количество АХОВ Q_0 , т	Характер разлива	Высота поддона H , м	Время разлива, ч, мин
1	2	3	4	5	6
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

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
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 3.2

Исходные данные для решения задач 3.1–3.5 (продолжение)

№ варианта	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	2	3	4	5	6	7
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

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
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

Теоретическая часть

Прогнозируют масштабы зон загрязнения после аварий на потенциально опасных объектах, технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта.

Потенциально опасный объект (ПОО) – объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаро- и взрывоопасные, опасные химические

и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника ЧС.

Известно более 6 млн химических соединений, являющихся аварийно химически опасными веществами (АХОВ). Около 10 тыс. химических веществ постоянно попадают в организм человека с воздухом, водой, продуктами питания, лекарствами, косметическими препаратами; 500 химических веществ из них представляют угрозу для человека при случайном или преднамеренном употреблении. Особо опасны для человека: аммиак, азотная, серная, соляная, синильная кислоты, бромистый метил, сернистый ангидрид, бензол, сероуглерод, треххлористый фосфор, тиофос, тетраэтилсвинец, фтористый водород, фосген, хлор, хлорпикрин.

Масштабы загрязнения АХОВ рассчитывают для первичного и вторичного облака:

- 1) для сжиженных газов – отдельно для первичного и вторичного облака;
- 2) для сжатых газов – только для первичного облака;
- 3) для ядовитых жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, – только для вторичного облака.

Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (в течение первых 1–3 мин после ЧС) перехода в атмосферу части ХОВ из емкости при ее разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью. Толщина h слоя жидкости для АХОВ, разлившихся свободно на подстилающей поверхности, равна 0,05 м; при разливах в самостоятельный поддон (обваловку) она определяется по формуле

$$h = H - 0,2, \quad (3.1)$$

где H – высота поддона (обваловки), м.

Решение задач

Задача 3.1. Продолжительность поражающего действия АХОВ определяют временем его испарения с площади разлива T по формуле

$$T = hd/K_2K_4K_7^{11}, \text{ ч},$$

где h – толщина слоя АХОВ, м (формула (3.1)); если разлив свободный, то h принимают равным 0,05 м;

d – плотность АХОВ (табл. 3.3), т/м³;

K_7^{11} – коэффициент, учитывающий влияние температуры на процесс перехода АХОВ во вторичное облако;

K_7 принимают в знаменателе для температуры воздуха, при которой произошла авария; если точное значение температуры воздуха в табл. 3.4 для K_7 отсутствует, то его определяют путем линейной экстраполяции; для ядовитых жидкостей значение $K_7^{11} = K_7$;

K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 3.5).

Таблица 3.3

Основные характеристики АХОВ

№ вари- ри- анта	Наименование ХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг·мин/л
		газ	жидкость		
1	2	3	4	5	6
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	Оксид 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

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
17	Окислы азота	–	1,491	21,0	1,5
18	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	–10,1	1,8
19	Соляная кислота (концентрированная)	–	1,198	–	2
20	Триметиламин	–	0,671	2,9	6
21	Фтор	0,0017	1,512	–188,2	0,2

Таблица 3.4

Вспомогательные коэффициенты
для определения глубины загрязнения

Наименование АХОВ	K_1	K_2	K_3	K_7 для температуры воздуха, °C (в числителе $K_7 = K_7^1$ – для первично- го облака, в знаменателе $K_7 = K_7^{11}$ – для вторичного облака)				
				–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
Сероуглерод	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	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	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
Сернистый ангидрид	0,11	0,049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
Соляная кислота (концентрированная)	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
Триметиламин	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1
Фтор	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1

Значения K_1 для изотермического хранения аммиака приведены для случая разлива (выброса) в поддон.

Таблица 3.5

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 3.2. Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы проводят по табл. 3.1 с учетом данных табл. 3.6.

Эквивалентное количество АХОВ – такое количество хлора, масштаб загрязнения которым при инверсии эквивалентен масштабу загрязнения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Таблица 3.6

Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы по прогнозу погоды

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, пере- менная облач- ность	сплош- ная облач- ность	ясно, пере- менная облач- ность	сплош- ная облач- ность	ясно, пере- менная облач- ность	сплош- ная облач- ность	ясно, пере- менная облач- ность	сплош- ная облач- ность
< 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

Примечания.

1. Обозначения: ин – инверсия; из – изотермия; к – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове.

2. Под термином «утро» понимают период времени в течение двух часов после восхода солнца; под термином «вечер» – в течение двух часов после захода солнца.

3. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимают в расчетах на момент аварии.

4. *Инверсия* – 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. Облако распространяется на большую глубину (десятки км).

5. *Изотермия* – состояние приземной атмосферы, когда температура воздуха примерно одинакова по высоте (20–30 м от поверхности почвы). Вертикального перемещения воздуха не наблюдается.

6. *Конвекция* – состояние атмосферы, когда верхние слои воздуха имеют температуру ниже, чем приземные. Более теплый и легкий приземный воздух поднимается вверх, вызывая сильное рассеивание паров и аэрозолей АХОВ.

Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке $Q_{\text{э1}}$ производят по формуле

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7^1 Q_0, \text{ т},$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (см. табл. 3.4), для сжатых газов $K_1 = 1$;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (см. табл. 3.4);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы (для инверсии он равен 1; для изотермии – 0,23; для конвекции – 0,08);

K_7^1 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха; $K_7^1 = K_7 = 1$ – для сжатых газов; $K_7^1 = K_7 = 0$ – для жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды; $K_7^1 = K_7$ принимают из табл. 3.4 в числителе, если кипение жидкости ниже температуры окружающей среды;

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии жидкого вещества, т (см. табл. 3.1).

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1 K_7^1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7^{11} Q_0 / hd,$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (см. табл. 3.4);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (см. табл. 3.5);

K_6 – коэффициент, зависящий от времени N , прошедшего после начала аварии. Определяют после расчета продолжительности T испарения вещества:

$$\left[\begin{array}{l} N^{0,8} \text{ при } N < T \\ T \text{ при } T < 1 \\ T^{0,8} \text{ при } N > T \end{array} \right],$$

$K_7^1 = K_7$ – числитель в табл. 3.4;

K_7^{11} – знаменатель в табл. 3.4;

d – плотность АХОВ, т/м³ (см. табл. 3.3);

h – толщина слоя АХОВ, определяется по формуле (3.1) при наличии поддона или обваловки и принимается равной 0,05 при свободном разливе, м.

Задача 3.3. Глубину зоны загрязнения Γ_1 для первичного облака находят в табл. 3.7 по вычисленной величине $Q_{\text{ж1}}$ с учетом скорости ветра из условия задачи своего варианта.

Таблица 3.7

Глубина зоны загрязнения, км

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	19,200	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,80	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	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	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	28,48	35	52,37

Глубину зоны загрязнения Γ_2 вторичного облака также находят в табл. 3.7 по вычисленной величине Q_{32} и скорости ветра из условия задачи своего варианта.

Полную глубину зоны загрязнения Γ определяют по формуле

$$\Gamma = \Gamma^1 + 0,5\Gamma^{11},$$

где Γ^1 , Γ^{11} – наибольший и наименьший из размеров глубины Γ_1 и Γ_2 соответственно.

Полученное значение Γ сравнивают с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n , определяемым по формуле:

$$\Gamma = Nv,$$

где N – время от начала аварии, ч (см. табл. 3.1);

v – скорость переноса переднего фронта загрязненного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч (табл. 3.8).

Таблица 3.8

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	20	28	—	—

За окончательную расчетную глубину зоны загрязнения принимают меньшее из двух сравниваемых между собой значений Γ_n и Γ . Эту глубину используют при расчете площадей зон возможного и фактического загрязнения.

Задача 3.4. Площадь зоны загрязнения АХОВ для первичного (вторичного) облака определяют по формуле

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi,$$

где S_b – площадь зоны загрязнения АХОВ, км²;

Γ – глубина зоны загрязнения, км;

φ – угловые размеры зоны возможного загрязнения, градусы; определяются исходя из скорости ветра (табл. 3.9).

Таблица 3.9

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
φ_0	360	180	90	45	18	15	10

Площадь зоны фактического загрязнения S_ϕ рассчитывают по формуле

$$S_\phi = K_8 \Gamma^2 N^{0,2}, \text{ км},$$

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, ч (см. табл. 3.2).

Задача 3.5. *Время подхода облака АХОВ к заданному объекту (населенному пункту) определяют по формуле*

$$t = X / v,$$

где X – расстояние от источника загрязнения до заданного объекта, км (см. табл. 3.7);

v – скорость переноса переднего фронта облака загрязненного воздуха, км/ч (см. табл. 3.8).

Проверьте, достигает ли загрязненное облако объекта, сравнив глубину загрязнения с учетом поправок Γ на расстоянии X от объекта до источника аварии. Время подхода загрязненного воздуха к объекту записать в часах и минутах. Если время подхода загрязненного воздуха к объекту не превышает 30 мин, то население должно оставаться в помещениях, проводя их герметизацию. Если время подхода загрязненного воздуха превышает 30 мин, то может быть проведена эвакуация в безопасные районы.

Выводы

Номер задачи	Искомые величины	Результат
3.1	Продолжительность поражающего действия АХОВ	
3.2	Степень вертикальной устойчивости атмосферы	
	Эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке	
	Эквивалентное количество АХОВ во вторичном облаке	
3.3	Глубина зоны загрязнения АХОВ первичным облаком	
	Глубина зоны загрязнения АХОВ вторичным облаком	
	Полная глубина загрязнения	
	Предельно возможная глубина переноса воздушных масс	
	Окончательная расчетная глубина	
	Глубина с учетом поправок	
3.4	Площадь зоны возможного загрязнения	
	Площадь зоны фактического загрязнения	
3.5	Время подхода загрязненного воздуха к объекту	
	Предложения по защите в случае подхода загрязненного воздуха к объекту (населенному пункту)	

Практическое занятие № 4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ [5]

Цель работы:

- освоить методику оценки устойчивости потенциально опасного объекта (ПОО) к воздействию воздушной ударной волны при взрыве на предприятии газовоздушной смеси (ГВС);
- дать оценку устойчивости конкретного производства к воздействию воздушной ударной волны;
- предложить рекомендации по повышению устойчивости объекта.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [2, с. 177–201].
2. Выписать исходные данные своего варианта, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.
3. Решить задачи, сделать выводы, результаты записать в рабочую тетрадь и представить их преподавателю для оценки работы.

Теоретическая часть

Устойчивость работы объекта экономики – способность объекта выпускать установленные виды продукции в необходимых объемах и номенклатуре при ЧС, а также возможность быстрого восстановления в случае повреждения.

Повреждение вызывает воздействие воздушной ударной волны, возникающее при взрыве. Оценка устойчивости работы ПОО к воздействию воздушной ударной волны производят на этапе его проектирования для того, чтобы учесть и предупредить физическое разрушение зданий, сооружений и оборудования, не допустить остановки производства.

Оценка степени устойчивости объекта к воздействию воздушной ударной волны заключается:

- в выявлении основных элементов объекта (цехов, участков производства, подводящих систем и т. д.), от которых зависит устойчивость его функционирования и выпуск необходимой продукции;
- определении предела устойчивости каждого элемента по нижней границе диапазона давлений, вызывающих средние разрушения $\Delta P_{кр}$ и объекта в целом, по минимальному пределу входящих в его состав элементов;
- сопоставлении найденного предела устойчивости объекта с ожидаемым (расчетным) максимальным значением ударной волны;
- заключении об устойчивости объекта.

Решение задач

Взрыв газовоздушной смеси в помещении происходит при создании взрывоопасной концентрации и поднесении к взрывчатой смеси искры или открытого огня, либо соприкосновения накалившегося тела со смесью. Образуется большое количество нагретых газов, в результате увеличения объема которых повышается давление и разрушаются окна, двери, перекрытия и даже стены.

Задача. Оценка воздействия на объект воздушной ударной волны при взрыве ГВС на ПОО.

Из табл. 4.1 выписать исходные данные для расчетов.

Таблица 4.1

Исходные данные для определения избыточного давления
в районе расположения потенциально опасного объекта

№ варианта	Наименование органического вещества	Коэффициент взрывоопасности по пропану	Масса органического вещества, т	Расстояние от цеха до емкости с орг. веществом, м
1	2	3	4	5
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

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5
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

1. Определить эквивалентную массу органического вещества (по пропану) до аварии. Эквивалентное количество АХОВ рассчитывают по формуле

$$Q_э = 640K_{эв}Q, \text{ кг},$$

где Q – масса органического вещества, т;

$K_{эв}$ – коэффициент, учитывающий эквивалентность органического вещества по пропану (см. табл. 4.1).

2. Рассчитать избыточное давление $\Delta P_{ГВС}$ во фронте воздушной ударной волны, возникающее при взрыве ГВС на расстоянии R_i от объекта:

$$\Delta P_{ГВС} = \frac{848Q_э^{1/3}}{R_i} + \frac{3440Q_э^{2/3}}{R_i^2} + \frac{11200Q_э}{R_i^3},$$

где R_i – расстояние от емкости с ГВС до здания (см. табл. 4.1), м.

3. Построить *график слабых, сильных, средних и полных разрушений для всех элементов производственного объекта* (рис. 4.1).

Основные элементы производственного объекта указаны в исходных данных табл. 4.2 и 4.3. В качестве критерия устойчивости элемента объекта $\Delta P_{кр i}$ принимаем нижнее значение диапазона давлений средних разрушений для каждого элемента производственного объекта. Полученные величины заносим в табл. 4.4.

Таблица 4.2

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 50 т, 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

Окончание табл. 4.2

№ варианта	Элементы инженерно-технического комплекса объекта
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 4.3

Степень разрушения элементов цеха (участка)
при различных избыточных давлениях ударной волны, кПа

Элементы цеха (участка)	Слабое разрушение	Среднее разрушение	Сильное разрушение	Полное разрушение
Производственные здания				
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 железобетонным 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
Оборудование цеха				
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	15–25	25–35	35–45	45–60
Контрольно-измерительная аппаратура	5–10	10–20	–	–
Кабельные наземные линии	10–30	30–50	50–60	–
Трубопроводы наземные	20–30	30–50	130	–
Трубопроводы на метал. и ж/б эстакадах	20–30	30–40	40–50	–
Электрокары	10–20	20–45	45–55	55–80

Таблица 4.4

Результаты оценки устойчивости объекта
к воздействию воздушной ударной волны

Элементы объекта и их краткая характеристика	Степень разрушения при избыточном давлении, кПа								ΔРкр для каж- дого объе- кта, кПа	ΔРкр для производ- ства, кПа
	10	20	30	40	50	60	70	80		
ЗДАНИЕ: одноэтажное кирпичное, бескаркасное, перекрытия из ж/б элементов									20	20
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ: -краны и крановое оборудование; -станки тяжелые									30	20
									40	
КЭС (коммунально- энергетические сети) -воздуховоды на металлических эста- кадах; -электросеть кабельная наземная									30	20
									30	

СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ:

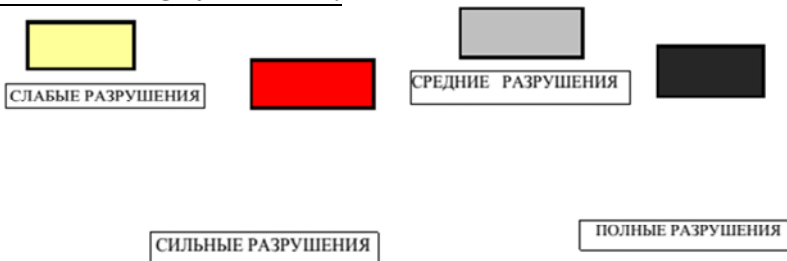


Рис. 4.1. Условные обозначения степени разрушения объектов

4. Сравнить *расчетное значение* $\Delta P_{\text{ф ГВС}}$ с *величиной* $\Delta P_{\text{кр } i}$ для каждого элемента производства. Для этого проводим по графику линию, соответствующую расчетному значению $\Delta P_{\text{ф ГВС}}$. Оценку устойчивости объекта начинаем производить со здания. Если здание устойчиво к воздействию ударной волны, т. е. находится в зоне слабых или средних разрушений, то и оборудование не пострадает.

При сравнении может возникнуть три варианта:

- а) не разрушается ни один элемент;
- б) разрушается часть элементов, но можно повысить их устойчивость;
- в) разрушается большинство основных элементов, повысить их устойчивость невозможно или нецелесообразно.

Если выполняется условие б), то необходимо в отчете описать возможные способы повышения устойчивости объекта (см. табл. 4.5). Если выполняется условие в), то нужно емкость с ГВС отнести дальше от объекта. Расстояние найти по формуле определения $\Delta P_{\text{ГВС}}$; вместо $\Delta P_{\text{ф ГВС}}$ подставить минимальное значение $\Delta P_{\text{кр } i}$ (из графика) для ПОО. При расчете последнее слагаемое в формуле не учитывать. Указать в отчете безопасное расстояние.

5. Предложить мероприятия для повышения устойчивости ПОО к воздействию воздушной ударной волны. Основные способы повышения устойчивости работы производственного объекта перечислены ниже.

а) *Повышение устойчивости зданий и сооружений* достигается за счет установки дополнительных каркасов, рам, подкосов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций, а также колонн, балок, металлических или железобетонных поясов.

Необходимо увеличить площади световых проемов и остеклить их армированным стеклом или прозрачными синтетическими материалами. Невысокие сооружения для повышения их прочности частично обсыпается грунтом; высокие сооружения (трубы, вышки, башни, колонны) – закрепляются оттяжками, рассчитанными на воздействие скоростного напора ударной волны.

Рассредоточенное размещение элементов объекта: защита емкостей с ХОВ и легковоспламеняющимися жидкостями – осуществляется за счет их обваловки (устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости).

б) *Повышение устойчивости технологического оборудования:* 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.

в) *Дополнительные мероприятия.* Максимально сокращаются запасы взрывоопасных, горючих и АХОВ непосредственно на территории объекта, сверхнормативные запасы вывозятся на безопасное расстояние и т. д.

Вопросы к зачету

- 1) Что понимается под устойчивостью работы объекта экономики?
- 2) Дать характеристику степени слабых, средних, сильных и полных разрушений для промышленных зданий.
- 3) Что понимается под устойчивостью $\Delta P_{кр i}$ каждого элемента объекта?
- 4) В чем заключается методика оценки устойчивости промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны?
- 5) Какие существуют способы и мероприятия повышения устойчивости работы промышленного объекта к воздействию воздушной ударной волны?

Практическое занятие № 5

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВЗРЫВОВ И ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ [6]

Цель работы:

- оценить возможные поражения людей, оказавшихся на открытой местности;
- предложить основные мероприятия по повышению устойчивости рассматриваемых объектов (рис. 5.1) и мероприятия по обеспечению безопасности людей.

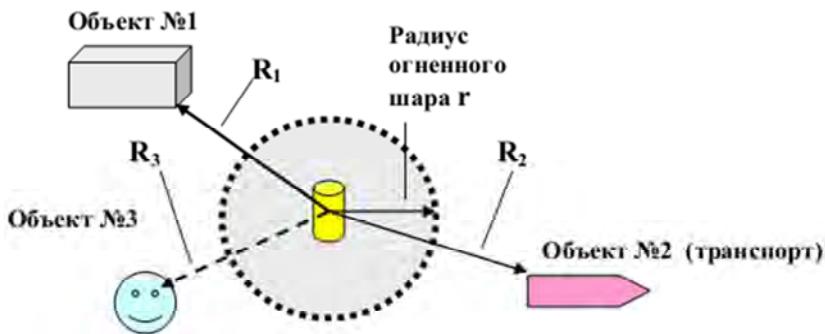


Рис. 5.1. Оценка факторов взрыва емкости с газовойздушной смесью

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [2, с. 298–329].
2. Выписать исходные данные своего варианта, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий (табл. 5.1).
3. Решить задачи и результаты записать в рабочую тетрадь, сделать выводы. Исходные данные представлены в табл. 5.1 и 5.2. Отчет о выполненной работе оформить в соответствии со СТП 10-02.01–87.

Решение задач

Источник взрыва – емкость с 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) (см. рис. 5.1).

Задача 5.1. *Оценить устойчивость объекта и опасность для человека от ударной волны при взрыве емкости с ГВС.*

1. По исходным данным табл. 5.1 определяем эквивалентную массу органического вещества (по пропану) до взрыва (аварии) по формуле

$$Q_3 = 640K_{эв}Q, \text{ кг,}$$

где Q – масса органического вещества до аварии, т;

$K_{эв}$ – коэффициент взрывоопасности, учитывающий эквивалентность органического вещества по пропану.

Результаты заносят в заранее подготовленную форму отчета.

Таблица 5.1

Исходные данные для задач 5.1 и 5.2

Номера вариантов	Наименование органического вещества	Коэффициент взрывоопасности	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

2. Учитывая исходные данные, представленные в табл. 5.2, и результаты вычислений Q_3 , определяем давление во фронте ударной волны от взрыва емкости с ГВС на расстоянии R_i для каждого объекта по формуле

$$\Delta P_{\text{ГВС}} = \frac{848Q_3^{1/3}}{R_i} + \frac{3\,440Q_3^{2/3}}{R_i^2} + \frac{11\,200Q_3}{R_i^3}. \quad (5.1)$$

Таблица 5.2

Исходные данные для задач 5.1 и 5.2 (продолжение)

Номер варианта	Тип объекта	Возгораемые и другие элементы объекта	Расстояние R_i , м
1	2	3	4
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. Люди, работающие на открытой местности	Белая хлопчатобумажная одежда	500
3	Объект № 1. Котельная в кирпичном здании	Кровля из толи, двери и окна деревянные, окрашены в темный цвет	500
	Объект № 2. Воздушная телефонная линия связи	Столбы из неокрашенного дерева	1 000
	Объект № 3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	500
4	Объект № 1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином, окна деревянные, неокрашены	400

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4
4	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная	500
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
5	<i>Объект № 1.</i> Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, неокрашенные деревянные окна и двери	800
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент палаточный	600
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
6	<i>Объект № 1.</i> Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашены в белый цвет	350
	<i>Объект № 2.</i> Автобус	Резина автомобильная, шторы светлые	700
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	300
7	<i>Объект № 1.</i> Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашены в темный цвет	800
	<i>Объект № 2.</i> Подвижной ж/д состав	Вагоны из дерева, покрашены в коричневый цвет	800
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1 000
8	<i>Объект № 1.</i> Здания из сборного железобетона	Кровля из красной черепицы	400
	<i>Объект № 2.</i> Цистерна на грузовом автомобиле	Покрашена в белый цвет	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
9	<i>Объект № 1.</i> Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери и окна деревянные, неокрашены	900
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	500
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4
10	<i>Объект № 1.</i> Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	800
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная	500
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
11	<i>Объект № 1.</i> Здание бескаркасной конструкции	Кровля из рубероида, окна и двери металлические	500
	<i>Объект № 2.</i> Антенное устройство	—	900
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1 000
12	<i>Объект № 1.</i> Здание бескаркасной конструкции	Кровля из черепицы, окна и двери металлические	300
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, кузов деревянный	300
	<i>Объект № 3.</i> Люди, проходящие по территории	Хлопчатобумажная одежда	450
13	<i>Объект № 1.</i> Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна, окрашены в белый цвет	500
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
14	<i>Объект № 1.</i> 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
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Белая хлопчатобумажная одежда	1 000
15	<i>Объект № 1.</i> Котельная в кирпичном здании	Кровля из толи, двери и окна деревянные, окрашены в темный цвет	400
	<i>Объект № 2.</i> Воздушная телефонная линия связи	Столбы из неокрашенного дерева	800
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4
16	<i>Объект № 1.</i> Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином, окна деревянные, неокрашены	400
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная	800
	<i>Объект № 3.</i> Работающие люди на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
17	<i>Объект № 1.</i> Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные окна и двери неокрашены	300
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент палаточный	600
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	800
18	<i>Объект № 1.</i> Кирпичные многоэтажные здания	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашены в белый цвет	550
	<i>Объект № 2.</i> Автобус	Резина автомобильная, шторы светлые	700
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	1 000
19	<i>Объект № 1.</i> Массивное промышленное здание с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери металлические, окна деревянные, окрашены в темный цвет	330
	<i>Объект № 2.</i> Подвижной ж/д состав	Вагоны из дерева, покрашены в коричневый цвет	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	400
20	<i>Объект № 1.</i> Здания из сборного железобетона	Кровля из красной черепицы	500
	<i>Объект № 2.</i> Цистерна на грузовом автомобиле	Покрашена в белый цвет	700
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	700
21	<i>Объект № 1.</i> Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25–50 т	Кровля из рубероида, двери и окна деревянные, неокрашены	300

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4
21	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, брезент	700
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	700
22	<i>Объект № 1.</i> Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	900
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
23	<i>Объект № 1.</i> Промышленное здание бескаркасной конструкции	Кровля из толи, металлические окна и двери	1 000
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	500
24	<i>Объект № 1.</i> Здание бескаркасной конструкции	Кровля из черепицы, окна и двери металлические	300
	<i>Объект № 2.</i> Грузовой автомобиль	Резина автомобильная, кузов деревянный	300
	<i>Объект № 3.</i> Люди, проходящие по территории	Хлопчатобумажная одежда	450
25	<i>Объект № 1.</i> Здание бескаркасной конструкции	Кровля из рубероида, окна и двери металлические	500
	<i>Объект № 2.</i> Автобус	Синего цвета	900
	<i>Объект № 3.</i> Люди, работающие на открытой местности	Светлая хлопчатобумажная одежда	900
26	<i>Объект № 1.</i> Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, двери металлические	500
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
27	<i>Объект № 1.</i> Здание с легким металлическим каркасом	Кровля из рубероида, деревянные двери и окна окрашены в белый цвет	500
	<i>Объект № 2.</i> Легковой автомобиль	Резина автомобильная, бак с бензином	1 000
	<i>Объект № 3.</i> Работающие люди	Темная хлопчатобумажная одежда	500

Окончание табл. 5.2

1	2	3	4
28	Объект № 1. Здание бескаркасной конструкции	Кровля из красной черепицы, двери обиты черным дерматином	400
	Объект № 2. Легковой автомобиль	Резина автомобильная	1 000
	Объект № 3. Люди, работающие на открытой местности	Темная хлопчатобумажная одежда	1 000
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, неокрашены	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

3. Используя данные табл. 5.3 и результаты расчетов избыточного давления, определяем степень разрушений для объектов № 1 и № 2.

Таблица 5.3

Степени разрушения объектов и их элементов при избыточных давлениях ударной волны, кПа

№ варианта	Объект (элемент объекта)	Разрушение			
		слабое	среднее	сильное	полное
1	2	3	4	5	6
Производственные, административные здания и сооружения					
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

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6
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	–
Коммунально-энергетические сети					
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
Средства связи					
1	Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	20–40	40–60	60–100	100
2	Антенные устройства	10–20	20–30	30–40	40
Транспортные средства					
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

4. В качестве критерия устойчивости элемента объекта принимаем верхнее значение слабых разрушений $P_{i\text{кр}}$, полагая, что во время аварии гарантировать полное сохранение объекта нельзя.

5. Степень поражения человека, находящегося на открытой местности на расстоянии R_i , оцените, сравнив $\Delta P_{i\text{ГВС}}$ объекта № 3 с данными табл. 5.4. Результаты записать.

Степень поражения незащищенных людей
в зависимости от значения избыточного давления ΔP_{ϕ}

ΔP_{ϕ} , 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, шок или клиническая смерть. Могут быть смертельные исходы
Более 100	Крайне тяжелые	Травмы приводят к летальному исходу

6. Выводы по устойчивости объектов № 1 и № 2, а также предложения по повышению их устойчивости записать в тетрадь. Некоторые предложения по повышению устойчивости изложены в методике и в лекции.

7. Выводы по оценке степени поражения людей на объекте № 3 и предложения по оказанию первой медицинской помощи записать в тетрадь.

8. Оценка устойчивости объекта и предложения по повышению его устойчивости к воздействию ударной волны. Может быть три варианта сравнительных данных избыточного давления, рассчитанного по формуле (5.1), с данными из табл. 5.3:

а) объект не разрушается или получает слабые повреждения; рекомендуется текущий ремонт;

б) объект получает средние разрушения; рекомендуется капитальный ремонт и мероприятия по повышению устойчивости объекта, изложенные ниже;

в) объект получает сильные или полные разрушения; рекомендуется вынести емкость с ГВС на безопасное расстояние; восстановление объекта не планируется.

9. В результате сравнения избыточного давления, рассчитанного для объекта № 3, с данными табл. 5.4 сделать 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 относится на безопасное расстояние.

10. Расстояние, на которое необходимо отнести емкость с ГВС, можно рассчитать по формуле (5.1), если учесть избыточное давление, при котором не происходит разрушений.

Предложения по повышению устойчивости при слабых и средних разрушениях:

- а) устройство металлических и железобетонных поясов;
- б) усиление прочности зданий и сооружений за счет введения дополнительных колонн;
- в) увеличение площади световых проемов и остекления их армированным стеклом;
- г) реконструкция сооружений с применением сейсмостойких конструкций и др.

Задача 5.2. *Оценить устойчивость объекта и опасность поражения человека тепловым излучением при взрыве емкости с ГВС.*

1. Определяем радиус огненного шара взрыва:

$$r = 2,9Q_3^{1/3}, \text{ м},$$

где Q_3 – эквивалентное количество вещества, кг (из задачи 5.1).

2. Определяем время свечения огненного шара t по формуле

$$t = 4,5Q_3^{1/3}, \text{ с}.$$

3. Определяем плотность потока излучения:

$$q_{\text{ти}} = P_{\text{ти}} K_{\text{уп}} K_{\text{пр}}, \text{ кДж/см}^2,$$

где $P_{\text{ти}} = 200 \text{ кДж/с м}^2$ – удельная плотность потока излучения для резервуаров шарообразной формы;

$P_{\text{ти}} = 270 \text{ кДж/см}^2$ – удельная плотность потока излучения для резервуаров сигарообразной формы;

$K_{\text{уп}}$ – коэффициент, учитывающий фактор угла падения теплового излучения:

$$K_{\text{уп}} = \frac{r^2 R_i}{(r^2 + R_i^2)^{3/2}},$$

где R_i – расстояние от резервуара с ГВС до объекта;

$K_{\text{пр}i}$ – коэффициент, учитывающий проводимость воздуха на расстоянии R до i -го объекта:

$$K_{\text{пр}i} = [1 - 0,058 \text{Ln} R_i].$$

4. Определяем значение теплового импульса V_i i -го объекта:

$$V_i = q_{\text{ти}i} t, \text{ кДж/с.}$$

5. Сравниваем значение полученного теплового импульса V_i со значениями тепловых импульсов для заданных материалов (см. табл. 5.2), при которых происходит воспламенение и устойчивое горение, с данными табл. 5.5.

6. На основании этого сравнения делаем вывод об устойчивости элемента объекта к воздействию теплового излучения. Дать предложения о его повышении.

Таблица 5.5

Максимальные значения теплового импульса, не вызывающие воспламенения и устойчивого горения различных материалов

Наименование материалов	Воспламенение (обугливание), кДж/м ²	Устойчивое горение, кДж/м ²
1	2	3
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	840–1 500
Резина автомобильная	250–420	630–840
Брезент палаточный	420–500	630–800
Дерматин	200–340	420–690
Доски сухие не окрашенные	500–670	1 700–2 500

1	2	3
Доски, окрашенные в белый цвет	1 700–1 900	4 200–6 300
Доски темного цвета	250–420	540–1 200
Кровля (толь, рубероид)	590–840	1 000–1 700
Черепица красная (оплавление)	840–1 500	–

Основные способы повышения устойчивости работы производственного объекта (зданий и сооружений) представлены ниже.

а) Повышение устойчивости достигается за счет устройства дополнительных каркасов, рам, подкосов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций.

б) Невысокие сооружения для повышения прочности частично обсыпаются грунтом.

в) Высокие сооружения для повышения прочности (трубы, вышки, башни, колонны) закрепляются растяжками, купирующими воздействие скоростного напора ударной волны.

г) 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.

а) Основные мероприятия заключаются в сооружении над оборудованием специальных покрытий в виде кожухов, шатров, зонтов и т. п., защищающих его от повреждения обломками разрушающихся зданий.

б) При недостаточной устойчивости самого оборудования от действия скоростного напора ударной волны оно должно быть прочно закреплено на фундаментах анкерными болтами. 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, перхлорвиниловыми, 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.

а) Защита от проникновения светового излучения внутрь помещений: окраска стекол известковой или меловой побелкой (350–500 г/м).

б) Закрашенное одинарное стекло может отразить до 80 % падающих на него световых лучей; закрытие окон ставнями, щитами или наружными козырьками под углом 45°; применение жалюзи, теплоотражающих штор, шерстяных занавесей, пропитанных огнезащитными составами, и т. п.

в) Пиломатериалы на территории предприятия необходимо размещать под навесами. Другие горючие изделия накрывают огнестойкими и окрашенными в светлые тона материалами.

г) При строительстве производственных зданий необходимо предусмотреть противопожарные разрывы и наличие специальных резервуаров с водой и искусственных водоемов.

д) Для предотвращения пожаров в зданиях и сооружениях заменяют огнестойкие конструкции, огнезащитную обработку сгораемых элементов, а также специальные противопожарные преграды. Например, крупные здания делят на секции с несгораемыми стенами – брандмауэрами.

е) В хранилищах взрывоопасных веществ устанавливают вышибные панели, самооткрывающиеся окна и фрамуги.

7. Оцениваем воздействие теплового импульса на тело человека на расстоянии R от источника излучения, для чего сравниваем $q_{\text{тн}}$ с величинами, приведенными в табл. 5.6. Предложить варианты оказания первой медицинской помощи.

Таблица 5.6

Характеристика ожогов открытых участков тела человека
в зависимости от теплового импульса

Степень ожога	Тепловой импульс, кДж/м ²	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 подкожных тканей, обугливание

Выводы

Номер задачи	№ п/п	Искомые величины	Результат
5.1	1	Эквивалентная масса Q_3 органического вещества до аварии	
	2	Избыточное давление ΔP_{ϕ} во фронте ударной волны для объекта № 1	
	3	Избыточное давление ΔP_{ϕ} во фронте ударной волны для объекта № 2	
	4	Избыточное давление ΔP_{ϕ} во фронте ударной волны для объекта № 3	
	5	Степень разрушения объекта № 1	
	6	Степень разрушения объекта № 2	
	7	Устойчивость объекта № 1. Предложения по повышению устойчивости	
	8	Устойчивость объекта № 2. Предложения по повышению устойчивости	
	9	Степень поражения людей (объект № 3)	
	10	Предложения по обеспечению безопасности людей	
5.2	11	Радиус огненного шара r	
	12	Время свечения огненного шара t	
	13	Плотность потока излучения для объекта № 1	
	14	Плотность потока излучения для объекта № 2	
	15	Плотность 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	Вариант оказания первой медицинской помощи	

ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИЛ ГСЧС, ГО И НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Практическое занятие № 6

СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ И ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ [7]

Цель работы: ознакомиться со средствами индивидуальной и коллективной защиты и порядком пользования ими.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические материалы.
2. Законспектировать 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) Противорадиационные и простейшие укрытия;
 - г) Средства индивидуальной защиты. Гражданские и промышленные противогазы и респираторы. Порядок накопления, хранения и выдачи;
 - д) Медицинские средства индивидуальной защиты. Аптечка АИ-2 и ее комплектация.

Теоретическая часть

Средства коллективной защиты населения (СКЗ)

С появлением ядерного оружия большинство стран мира приняло меры по защите населения в случае атаки. Одним из таких мероприятий было строительство убежищ в городах. Однако из-за дороговизны их количество ограничено (например, в Минске имеется 1 113 убежищ и метро, построенное как убежище; их хватит для укрытия только около 60 % населения города). Поэтому в период угроз будут дополнительно строить быстровозводимые убежища и простейшие укрытия (открытые и перекрытые щели, окопы, блин-

дажи и др.), а в сельской местности – противорадиационные укрытия. Под них приспособляют погреба, овощехранилища и др. Построенные убежища могут быть использованы и в мирное время в случае некоторых ЧС (химическое загрязнение воздуха, задымление местности при лесных пожарах и др.).

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 в местах, имеющих важное экономическое, военное и политическое значение. В убежищах планируется укрывать: а) руководящий состав органов управления; б) работающую смену объектов в военное время и население, проживающее вблизи убежища; в) персонал, обеспечивающий жизнедеятельность города в военное время; г) нетранспортабельных больных и медицинский персонал; д) остальное население.

Классификация убежищ:

- по месту в застройке района: встроенные и отдельно стоящие;
- по времени возведения: заблаговременно построенные и быстро возводимые в особый период;
- по степени защиты от ударной волны и проникающей радиации убежища делятся на пять классов (табл. 6.1); в г. Минске метро выполнено как убежище 4-го класса, в котором можно обеспечить непрерывное пребывание людей в течение 6 ч;
- по вместимости: малой (до 150 чел.), средней (150–600 чел.), большой (более 600 чел.).

Таблица 6.1

Классификация убежищ по степени защиты
от ударной волны и радиации

Класс защиты	Выдерживает избыточное давление $\Delta P_{\text{ф}}$, кгс/см ²	Коэффициент ослабления радиации, раз
1	5	5 000
2	3	3 000
3	2	2 000
4	1	1 000
5	0,5	300

Основные требования к убежищам:

- а) строить на местности, не подвергающейся затоплению;
- б) размещать в местах наибольшего скопления людей с радиусом сбора не более 500 м;
- в) встроенные убежища размещать под зданиями наименьшей этажности;
- г) отдельно стоящие убежища размещать от ближайших зданий на расстоянии большем, чем их высота;
- д) прокладка транзитных коммуникаций газа, паропроводов, трубопроводов с горячей водой через убежища запрещается;
- е) должны обеспечивать надежную защиту от всех поражающих факторов ядерного взрыва, химически опасных веществ, биологических средств, высоких температур;
- ж) должны иметь аварийные выходы при разрушении входов;
- з) возможность использования убежища для коммунально-бытовых нужд в мирное время;
- и) должны обеспечивать санитарно-гигиенические условия во время пребывания в них.

Устройство убежища. Убежище состоит из основных и вспомогательных помещений. К основным относят помещение для укрываемых людей и тамбур-шлюзы (рис. 6.1), к вспомогательным – 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 людей оборудуется нарами в один, два или три яруса. Норма площади пола на одного человека при двухъярусном расположении нар принимается равной $0,5 \text{ м}^2$, а при трехъярусном – $0,4 \text{ м}^2$. Тамбур-шлюзы могут быть однокамерные при вместимости убежища до 600 чел. и двухкамерные – при вместимости более 600 чел.

Убежище должно иметь не менее двух входов. Во встроенных убежищах обязательно должен быть аварийный выход, у отдельно стоящих – аварийный выход может быть совмещен с воздухозаборным устройством.

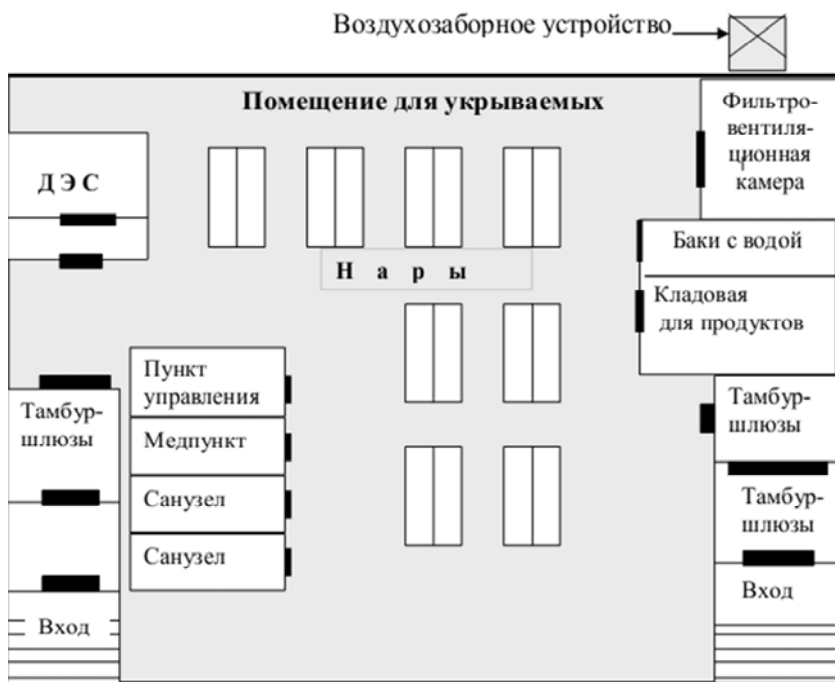


Рис. 6.1. Планировка отдельно стоящего убежища (вариант)

Система жизнеобеспечения убежища.

1. Система вентиляции включает: воздухозаборное устройство, противопылевой фильтр, фильтры-поглотители, вентилятор, воздухо-воды. Система вентиляции может работать в трех режимах: а) режим чистой вентиляции (время работы не ограничено); б) режим фильтро-вентиляции (время работы фильтра не менее 12 ч); в) режим рециркуляции с регенерацией воздуха (время работы 6 ч). В режиме чистой вентиляции воздух только очищается от пыли. Режим фильтро-вентиляции включается при химическом загрязнении наружного воздуха. Третий режим аварийный. В том случае, если фильтр не обеспечивает защиту, перекрывается поступление воздуха через воздухо-заборное устройство, вентилятор продолжает работать и подключается баллон с кислородом для обогащения воздуха кислородом.

2. Отопление осуществляется от общей отопительной сети. Оно отключается после заполнения убежища людьми.

3. *Водоснабжение* убежища подведено от общей системы. На случай выхода из строя водопровода создается аварийный запас воды в баках из расчета 3 л 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 л в сутки на одного человека.

5. *Электроснабжение* убежища осуществляется от наружной электросети, дизельной электростанции, 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 для связи используют и радиостанцию.

Порядок пользования убежищем. Укрытие населения в защитных сооружениях происходит в случаях, когда при угрозе ЧС эвакуация невозможна или нецелесообразна. Каждый гражданин должен знать месторасположение убежищ и других укрытий, которые находятся в 500 м от места проживания или работы.

Для обеспечения готовности защитных сооружений к использованию при ЧС они обслуживаются персоналом из 5–20 чел., в зависимости от вместимости убежища. Если убежище используют для коммунально-бытовых нужд, то два раза в год его оборудование расконсервируют, проверяют на работоспособность, а убежище – на герметичность.

При угрозе ЧС на подготовку убежища отводится 12 ч. За это время его освобождают от имущества и оборудования, устанавливают нары, проверяют работоспособность системы жизнеобеспечения, которое необходимо для жизнедеятельности укрываемых людей, пополняют коллективные аптечки, баки заполняются водой, подключают радиоточку, телефонный аппарат, комплектуют инструментом противопожарные щиты. В военное время в убежище закладываются продукты на 3 суток, в мирное – укрываемые их берут с собой.

Для заполнения убежища людьми открывают все входы. Сюда население должно прибывать с документами и продуктами питания. Нельзя приносить с собой громоздкие вещи, приводить домашних животных. 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.

Противорадиационные укрытия (ПРУ) предназначены для защиты людей от радиоактивных излучений на радиоактивно загрязненной местности. ПРУ также полностью защищают людей и от светового излучения ядерного взрыва, от ударной волны с избыточным давлением до 20 кПа, частично – от отравляющих веществ и бактериальных средств. Они могут использоваться для защиты людей при бурях, ураганах, смерчах, снежных заносах и др. Их строят в не категорированных городах и сельской местности. Под ПРУ приспособляют подвалы, погреба, цокольные помещения зданий, овощехранилища, подполья, склады, кирпичные и железобетонные силосные ямы, траншеи.

Они должны быть герметизированными, обеспечивать условия непрерывного пребывания людей в укрытии не менее двух суток. Вместимость ПРУ может быть 5 чел. и более, но не свыше 1 000. В укрытии должно быть одно или несколько помещений для укрываемых, помещение для загрязненной уличной одежды, санитарные узлы, при необходимости и вентиляционное помещение. ПРУ для укрываемых людей оборудуют нарами. При двухъярусном расположении нар норма площади пола на одного человека принята 0,5 м².

Система жизнеобеспечения ПРУ.

1. *Вентиляция ПРУ*, если оно рассчитано на 50 чел. и менее, – естественная. Искусственная вентиляция оборудуется, если укрытие рассчитано на 50 чел. и более.

2. *Отопление* обычно осуществляют 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* – от электрической сети, аварийное – от аккумуляторных батарей, различного типа фонариков и ручных (вело-) генераторов.

6) *Средства связи*: радиоточка, телефонный аппарат.

Простейшие укрытия используют в том случае, если убежищ и ПРУ не хватает. К ним относят: землянки, окопы, блиндажи, тран-

шей, открытые и перекрытые щели. Простейшие укрытия строят в угрожаемый период с объявлением военного положения. Места для их строительства 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. 6.2. Она уменьшает ударную волну, световое излучение и проникающую радиацию в два раза, радиоактивное загрязнение – в три раза. Их можно использовать и в мирное время для защиты во время бури, урагана, смерча и др.

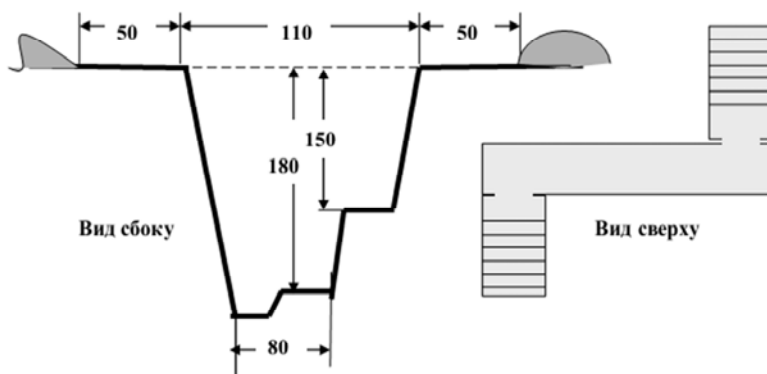


Рис. 6.2. Открытая щель (вариант)

Открытая щель строится на 10–50 чел. из расчета 0,5 погонных метра на человека. Иногда выделяют места для лежания из расчета 1,8 погонных метра на человека. Для ослабления ударной волны щель делают зигзагообразной. Длина прямого участка не должна превышать 10 м. В щели на 10–20 человек делают один вход со ступеньками, в щелях с большей вместимостью – два.

На строительство открытой щели отводится не более 10–12 ч; ее перекрывают. Тогда она защищает людей от светового излучения, ударной волны и воздействия ионизирующей радиации.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

Классификация средств индивидуальной защиты. По назначению СИЗ делят:

- а) на индивидуальные укрытия;
- б) средства защиты органов дыхания;

- в) средства защиты кожи;
- г) 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.

При ЧС населению могут быть выданы некоторые средства защиты органов дыхания и медицинские средства защиты органами ГСЧС. Средства защиты кожи населению обычно не выдаются. Для этого оно приспособляет свои одежду и обувь.

Гражданские противогазы (ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) и **респираторы** (Р-2 и др.) выдаются всему взрослому населению в угрожаемый период.

Противогаз ГП-5 состоит из противогазовой коробки, коробки с 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, запотевающих пленок (6 шт.), утеплительных манжет (2 шт.), защитного трикотажного чехла и сумки. Особенностью противогаза является то, что у него меньше сопротивление дыханию и меньше давление лицевой части на голову. Это позволяет увеличить время пребывания в противогазе и пользоваться им людям старше 60 лет, больным с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. В противогазе имеется мембранное устройство, позволяющее пользоваться телефоном, радио, общаться с другими людьми.

Гражданский противогаз ГП-7В отличается от ГП-7 лицевой частью, в которой есть 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, от хлора, сероводорода, паров соляной кислоты, тетраэтилсвинца, этилмеркаптана, нитробензола, фенола, фурфуrolа. При использовании дополнительного патрона ДПГ-1 про-

тивогазы защищают: от аммиака, диметиламина, двуоксида азота, метила хлористого, окиси углерода, окиси этилена, нитробензола.

Детские противогазы:

– ПДФ-(2)Д предназначен для детей 1,5–17 лет;

– ПДФ-7, ПДФ-(2)Ш – для детей 7–17 лет.

Камера защитная детская КЗД-4 или КЗД-6 – для детей в возрасте до 1,5 лет. Они обеспечивают защиту ребенка в течение 4 и 6 ч 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 их 10 лет. Специальная комиссия может продлить срок хранения еще на 2,5 года.

В угрожаемый период организуется выдача населению противогазов и респираторов (рис. 6.3). Для этого создаются пункты выдачи из расчета один пункт выдачи на 2 000 чел. Срок выдачи противогазов – одни сутки, скорость выдачи противогазов – 100–200 противогазов в час.



Рис. 6.3. Респиратор

Промышленные противогазы используют для защиты органов дыхания, глаз и лица от поражения АХОВ при авариях. Они предназначены для защиты от конкретных ядовитых веществ.

При недостатке кислорода в воздухе, например, при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях, их запрещается применять. Такие противогазы используют только там, где в воздухе содержится не менее 18 % кислорода. Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низки кипящих, плохо сорбирующихся органических веществ (метан, этилен, ацетилен). Не рекомендуется работать в таких противогасах, 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 Беларуси приведена в табл. 6.2.

Таблица 6.2

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 (черно-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

Медицинскими средствами индивидуальной защиты должен уметь пользоваться каждый человек, оказавшийся в ЧС. К ним относятся: аптечка индивидуальная АИ-2, индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-9, ИПП-10 или ИПП-11 и пакет перевязочный индивидуальный.

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. Комплектация лекарств может обновляться. Для детей дозы уменьшаются. Например, детям до 8 лет на один прием дается $\frac{1}{4}$ дозы взрослого, детям от 8 до 15 лет – $\frac{1}{2}$ дозы взрослого человека [2, с. 269].

Перевязочные пакеты бывают четырех типов: индивидуальные, обыкновенные, первой помощи с одной подушечкой, первой помощи с двумя подушечками. Населению выдают пакет перевязочный индивидуальный, который применяется для наложения первичных повязок на раны. Он состоит из бинта и двух ватно-марлевых подушечек.

Практическое занятие № 7

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА [8]

Цель работы: ознакомиться с оказанием первой медицинской помощи при ЧС техногенного характера.

Порядок выполнения работы

1. Изучить учебно-методические материалы.
2. Подготовиться к ответу на вопросы, поставленные преподавателем.
3. Заполнить отчет о выполнении работы.
4. При наличии компьютерной базы для проверки знаний студентов использовать компьютерную программу.

Теоретическая часть

Оказание первой медицинской помощи при ЧС – это комплекс экстренных мероприятий по спасению жизни или здоровья пострадавших в результате ЧС. При ее оказании для оценки тяжести состояния пострадавшего проверяют у него пульс. Затем оказывают доврачебную, первую врачебную, квалифицированную и специализированную помощь. Человек, оказывающий первую медицинскую помощь, должен а) немедленно прекратить воздействие на пострадавшего внешних повреждающих факторов и б) организовать скорейшую доставку пострадавшего в лечебное учреждение.

Оказание первой медицинской помощи на стадии клинической смерти. Во время *клинической смерти*, длящейся 5–7 мин, 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 мин наступает биологическая смерть. Спасти пострадавшего невозможно.

Признаки биологической смерти: а) помутнение роговицы и ее высыхание; б) симптом «кошачий глаз» (при сдавливании глаза с боков

пальцами зрачок сужается и напоминает кошачий глаз); в) трупное окоченение, начинающееся через 2–4 ч после смерти; охлаждение тела происходит постепенно, появляются трупные синеватые пятна.

В случае клинической смерти первоочередными задачами при оказании первой медицинской помощи являются: а) остановка кровотечения; б) проведение искусственного дыхания; в) проведение непрямого массажа сердца одновременно с искусственным дыханием; г) обработка ран и наложение повязки; д) наложение шины при переломах костей.

Реанимационные мероприятия при остановке дыхания. Искусственную вентиляцию легких (ИВЛ) проводят следующим образом: 1) уложить больного на спину; 2) расстегнуть одежду, стесняющую грудную клетку; 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, подкладывают руку под шею, а другой – надавливают на темя. В результате корень языка отодвигается от задней стенки гортани и восстанавливается проходимость дыхательных путей. *Спасатель, сделав глубокий вдох и плотно прижав свой рот ко рту (носу) пострадавшего, вдует в его легкие свой выдыхаемый воздух. При вдвухании воздуха необходимо зажать нос (рот) рукой, находящейся у лба пострадавшего. Выдох осуществляется пассивно, за счет эластических сил грудной клетки. Число дыханий в минуту должно быть не менее 16–20.*

Непрямой массаж сердца всегда проводят одновременно с ИВЛ. В этом случае вдвухание воздуха производят в момент прекращения надавливания на грудную клетку или же прерывают массаж на это время (примерно на одну секунду).

Непрямой массаж сердца: больной находится горизонтально на твердой поверхности для предупреждения смещения его тела под усилием рук спасателя; ноги пострадавшего желателъно 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 два пальца выше мечевидного отростка. У детей массаж сердца проводят одной рукой. Одну ладонь кладут

на другую, давление производит только запястье, руки выпрямлены в локтевых суставах. Компрессия грудной клетки производится за счет давления туловища.

Смещение грудины по направлению к позвоночнику у взрослого человека должно составлять 4–5 см. Продолжительность одной компрессии грудной клетки 0,5 с, интервал между отдельными компрессиями – 0,5–1 с. Темп массажа примерно 50–70 надавливаний в мин. 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 на грудину с интервалом в 1 с он должен, прекратив массаж, произвести два сильных вдоха по методу «рот в рот». При участии в реанимации двух человек следует производить одно раздувание легких после каждых пяти надавливаний на грудину. Их количество должно быть не менее 60 в мин.

Признаки эффективного непрямого массажа сердца: а) ощущается пульс на сонных, бедренных артериях; артериальное давление не ниже 60–70 мм рт. ст.; б) наступает сужение зрачков и глазные рефлексы на свет; в) появляется окраска кожных покровов и слизистых оболочек, исчезают синюшная окраска и «мертвенная» бледность; г) отмечаются самостоятельное дыхание и сознание.

Первая медицинская помощь при автодорожных происшествиях. Пострадавший без сознания: нет реакции на происходящее, звуковые и болевые раздражители, есть пульс и дыхание. При потере сознания более 4 мин считают, что человек находится в коме. Ее признаками являются: потеря сознания, судороги и рвота, наличие пульса на сонной артерии, захрапывающее 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. Приемы остановки артериального, венозного и капиллярного кровотечений различные.

Остановка артериального кровотечения: 1) поврежденной части тела придать возвышенное положение по отношению к туловищу; 2) останавливают кровотечение одним из следующих способов:

а) кровоточащий сосуд прижимают в месте повреждения при помощи давящей повязки;

б) артерию прижимают большим пальцем, ладонью или кулаком;

в) кровотечение останавливают фиксированием конечности в положении максимального сгибания или разгибания в суставе;

г) конечность сдавливают специальным резиновым жгутом (резиновой трубкой, ремнем, платком, куском материи) – надежно останавливает кровотечение из артерий. Для этого под жгут подкладывают полотенце или одежду раненого и т. д.; конечность поднимают вверх, жгут подводят под конечность, растягивают и несколько раз обертывают вокруг конечности до прекращения кровотечения. Надежно закрепляют наложенный жгут и прикрепляют к нему записку с указанием времени наложения жгута (часы и минуты). Накладывают жгут на конечность летом не более чем на 2 ч, зимой – не более чем на 1 ч;

д) кровотечение останавливают наложением зажима на кровоточащий сосуд в ране.

Капиллярное кровотечение легко останавливают обычной повязкой на рану. При венозном кровотечении накладывают давящую повязку или жгут ниже раны.

Ушиб вызывает припухлость, возможен и кровоподтек (синяк). При разрыве крупных сосудов под кожей образуются скопления крови (гематомы).

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.

При обнаружении перелома кости: 1) создать неподвижность костей в области перелома при помощи транспортной шины; 2) провести борьбу с шоком или его предупредить; 3) быстро доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

Неподвижность костей в области перелома создают при помощи иммобилизации. Она уменьшает боль и является главным моментом в предупреждении шока. Иммобилизация конечности достигается наложением транспортных шин или шин из подручного твердого материала.

1) Во время наложения транспортной шины ни в коем случае не шевелить сломанную ногу или руку.

2) Не пытаться вправить в рану торчащие обломки или удалить из раны осколки.

3) Перед иммобилизацией конечности остановить кровотечение, наложить асептическую повязку, чистый носовой платок или полотенце. Кровотечение из раны остановить давящей повязкой или наложением жгута.

4) Затем осторожно, чтобы не усилить боль, наложить шину.

5) Для создания неподвижности в зоне перелома производят фиксацию двух-трех суставов: выше и ниже места перелома.

6) При отсутствии подсобного материала поврежденную конечность прибинтовать к здоровой части тела; верхнюю конечность – к туловищу при помощи бинта или косынки, нижнюю – к здоровой ноге.

7) Срочно отвезти пострадавшего в больницу.

Первая медицинская помощь при длительном сдавливании.

Синдром длительного сдавливания развивается при длительном (более 3–6 ч) нахождении человека под завалом и длительном сдавливании конечности тяжелым предметом.

Различают три степени тяжести синдрома:

1) крайне тяжелая – при сдавливании обеих нижних конечностей более 6 ч;

2) средней тяжести – при сдавливании только голени или предплечья в течение 6 ч;

3) легкой тяжести – при сдавливании небольших участков тела в течение 3–6 ч.

Признаки: а) рука или нога на ощупь холодные, бледные с синюшным оттенком; б) болевая чувствительность резко снижена или отсутствует; в) развиваются отек и нестерпимая боль.

Оказание помощи: 1) извлечь пострадавших из-под обрушившихся тяжестей; 2) наложить жгуты на поврежденную конечность близко к ее основанию как при остановке артериального кровотечения для того, чтобы продукты распада тканей из поврежденной конечности не попали в общий кровоток и не вызвали смерть пострадавшего; 3) иммобилизовать поврежденные конечности с помощью шин, не туго бинтуя поврежденные участки тела; 4) для борьбы с шоком и его профилактики пострадавшего следует тепло укрыть, дать немного спиртного или горячего кофе, чая; 5) срочно транспортировать пострадавшего в лечебное учреждение в положении лежа.

Первая медицинская помощь при травматическом и аллергическом шоке. Травматический шок развивается после обширных травм (ранений, ушибов, переломов и др.) вследствие резкой боли и больших повреждений ткани.

1. Шок I степени (легкий). Пострадавший бледен, сознание 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 человек не воспринимает. Кожные покровы землисто-серого цвета покрыты холодным липким потом, отмечается 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 травматическом шоке первая помощь тем эффективней, чем раньше она оказана. Для этого необходимо: 1) уложить пострадавшего на спину и обеспечить покой; 2) наложить жгут при артериальном кровотечении либо давящую повязку и др.; 3) приподнять ноги при кровотечении и ранениях живота; 4) наложить на раны повязки; 5) согреть пострадавшего; 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 необходимо наложить шину; 8) желательно начать ингаляцию кислорода; 9) организовать скорую транспортировку пострадавшего в стационар.

Оказание неотложной помощи при *аллергическом шоке*: 1) прекратить контакт с аллергеном; 2) уложить больного и зафиксировать язык для предупреждения асфиксии; 3) срочно вызвать врача; 4) ввести адреналин подкожно в месте введения аллергена (или в месте укуса); врач назначает лечебные средства для выведения больного из анафилактического шока, состояния асфиксии и удушья, сердечной недостаточности; вводит раствор гидрокарбоната натрия и противошоковую жидкость.

Предвестники обморока: а) внезапно возникающее легкое затуманивание сознания; б) головокружение; в) звон в ушах; г) тошнота; д) зевота; е) усиление перистальтики кишечника; ж) резкая бледность

кожных покровов; з) охлаждение рук и ног; и) капли пота на лице; к) расширение зрачков; л) пульс слабого наполнения; м) АД снижено.

Неотложная помощь при обмороке: 1) уложить больного на спину с несколько опущенной головой и расстегнуть воротник; 2) ослабить поясной ремень, галстук; 3) обеспечить доступ свежего воздуха; 4) к носу поднести нашатырный спирт; 5) обрызгать лицо холодной водой.

Признаки вывиха: а) боль в конечности; б) резкая деформация (западение) области; в) отсутствие активных и невозможность пассивных движений в суставе; г) фиксация конечностей в неестественном положении, не поддающемся исправлению; д) 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 не следует производить, так как это врачебная процедура.

Термические ожоги – воздействия высоких температур на кожу, вызывающие коагуляцию ее белков. Кожные клетки погибают и подвергаются некрозу. Различают четыре степени ожогов кожи.

1. Поверхностный ожог I степени (эритема) – стойкое покраснение кожи, отечность и боль.

2. Ожог II степени – отслаивание эпидермиса и образование пузырей.

3. Глубокие ожоги III и IV степени. Ожоги III степени разделяют на поверхностное (III-а степень) и глубокое (III-б степень) – выгорание кожи, подкожной клетчатки и глубже лежащих структур.

4. Ожог IV степени (или некроз) – омертвление всех слоев 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) отечный участок подставить под струю холодной воды для снижения внутрикожной температуры, уменьшения степени и глубины прогревания тканей и развития более глубокого ожога; 4) не отрывать от обожженной поверхности прилипшую одежду, а обрезать ее ножницами; снять кольца, часы

и другие предметы до появления отека; 5) завернуть пострадавшего в свежевыглаженную простыню и уложить в постель, согреть, создать покой, не тревожить повторными переключиваниями, переворачиваниями, перевязками; 6) наложить стерильные марлевые или чистые повязки из подручного материала (платки, куски белья и др.).

Ожоги I степени обрабатывают 33%-м раствором спирта, II–IV степени – 33%-м 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.

Химические ожоги возникают от воздействия на тело концентрированных кислот (соляной, серной, азотной, уксусной, карболовой), щелочей (едкого калия и едкого натра, нашатырного спирта, негашеной извести), фосфора и некоторых солей тяжелых металлов (серебра нитрат, цинка хлорид и др.).

Первая помощь при химических ожогах зависит от вида химического вещества. Общим для них является: немедленное удаление обрывков одежды, пропитанных химическим агентом и обильное мытье кожи струей холодной проточной воды в течение 15–20 мин.

При ожогах концентрированными кислотами: 1) обмыть место воздействия кислоты на кожу 2%-м раствором пищевой соды или мыльной водой; 2) наложить стерильные салфетки, смоченные 4%-м раствором пищевой соды; 3) закрыть участок стерильной сухой повязкой.

Щелочи вызывают более глубокие, чем кислоты, ожоги. Первая помощь при таком ожоге включает в себя: 1) нейтрализацию щелочи 2%-м раствором борной, лимонной кислоты или столового уксуса; 2) использование салфеток, смоченных слабым раствором хлористоводородной, лимонной или уксусной кислоты; 3) введение обезболивающих средств (анальгина, промедола, пантопона) и проведение противошоковых мероприятий; 4) отправку пострадавшего в больницу.

Оказание первой медицинской помощи в очаге химического поражения

Хлор (Cl_2) – газ желто-зеленого цвета, в 2,5 раза более плотный, чем воздух. Хранят и перевозят в жидком виде в баллонах, бочках,

железнодорожных цистернах или в специально оборудованных судах. Баллоны с жидким хлором окрашены в защитный цвет с зеленой полосой. При длительной эксплуатации баллонов в них накапливается взрывчатый трихлорид азота.

Поражение хлором вызывает резь в глазах, слезотечение, учащенное затрудненное дыхание, мучительный кашель, чихание, боль в легких (развивается отек легких, иногда пневмония), лицо становится синюшным, пульс частый, слабый, сердечная слабость, общее возбуждение, страх, потеря координации движения, повышение температуры тела.

Аммиак (нитрид водорода NH_3) – бесцветный газ с резким характерным запахом (запах нашатырного спирта и мочи). Плотность его почти вдвое меньше, чем у воздуха; ПДК_{р.з.} 20 мг/м³ – IV класс опасности (малоопасные вещества). По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отек легких и тяжелое поражение нервной системы. Обладает как местным, так и резорбтивным действием. Вызывает остановку дыхания, гиперсаливацию, першение в горле, гиперемию слизистых оболочек ротовой полости, ожоги пищевода и желудка (при приеме внутрь).

Первая медицинская помощь в очаге химического поражения проводится быстро: 1) при попадании химического вещества на незащищенную кожу лица и рук обработать кожу содержимым ИПП и надеть противогаз (фильтрующий противогаз: ГП-5, ГП-7, общевойсковой, промышленный); 2) ввести антидот (противоядие) по показанию; 3) провести частичную санитарную обработку с помощью содержимого индивидуального противохимического пакета (ИПП-8, ИПП-10 или ИПП-11).

Поражение молнией людей происходит на открытой местности во время грозы. *Неотложная помощь:* 1) при остановке сердечной деятельности немедленно провести прямой массаж сердца и искусственное дыхание изо рта в рот или изо рта в нос; 2) транспортировать пострадавшего в больницу на носилках в положении на боку из-за опасности возникновения рвоты.

Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током

Причина смерти – прекращение работы сердца и остановка дыхания. Оказание помощи проводят руками в сухих шерстяных перчатках или кистями рук, обернутыми сухой тканью. Рекомендуется надеть резиновые перчатки, под ноги положить изолирующий материал, чтобы не получить смертельное поражение током.

1. Изолировать пострадавшего от источника электрического тока или проводника (выключить рубильник, предохранительные пробки, сбить или отбросить провод сухой палкой, одеждой, бутылкой, или перерубить провод топором с деревянным топориком, предварительно приняв меры самозащиты).

2. Немедленно приступить к оживлению пострадавшего: сделать искусственное дыхание и закрытый массаж сердца до полного восстановления функции.

3. Наложить сухие асептические повязки на участки ожога.

4. Отвезти пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

Оказание первой медицинской помощи при утоплении. Различают три вида утопления.

1. Первичное (истинное или «мокрое») – в легкие поступает большое количество воды (не менее 10–12 мл/кг массы тела); встречается часто (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.

Неотложная помощь при утоплении: 1) извлечь пострадавшего из воды; 2) очистить полость рта пальцем, обернутым платком или марлей; 3) быстро уложить пострадавшего животом на бедро согнутой ноги спасателя, сжать боковые поверхности грудной клетки (в течение 10–15 с) резкими толчкообразными движениями и вновь повернуть его на спину; 4) провести искусственную вентиляцию легких способом «изо рта в нос»; 5) немедленно начать непрямой массаж сердца; 6) тщательно растереть кожные покровы, обернуть пострадавшего в теплые сухие одеяла.

Оказание первой медицинской помощи при гипертоническом кризе.

А. Человек не болен гипертонией: усадить больного, приложить тепло к стопам, приложить горчичники к затылку.

Б. Человек болен гипертонией: усадить больного, приложить тепло к стопам, дать таблетку, назначенную врачом; при носовом кровотечении приложить холод к переносице; вызвать скорую медицинскую помощь.

Первая медицинская помощь в очаге радиационной аварии.

В зависимости от величины полученной дозы принято различать четыре степени тяжести острой лучевой болезни [6], возникающей у человека в результате воздействия проникающей радиации. Предупреждение достигается: 1) использованием индивидуальных средств защиты органов дыхания и кожи; 2) организацией режима правильного поведения людей на радиоактивно загрязненной местности; 3) своевременным оказанием медицинской помощи.

После вывода пострадавших из опасной зоны организуется помывка со сменой одежды и дозиметрический контроль. По возможности всем дают выпить адсорбирующие средства («адсорбар» или активированный уголь). Пострадавшего срочно направляют в лечебное учреждение.

Тесты

1. Укажите последовательность оказания медицинской помощи:

- а) доврачебная;
- б) специализированная;
- в) первая медицинская;
- г) квалифицированная;
- д) первая врачебная.

2. Отметьте признаки биологической смерти.

- 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?

- а) оказать при необходимости первую медицинскую помощь;
- б) определить неотложность ситуации;

в) принять решение действовать;
г) подготовить пострадавшего к транспортировке в лечебное учреждение;

д) ускорить поступление квалифицированной медицинской помощи.

4. Какие задачи являются первоочередными при оказании первой медицинской помощи?

а) скорейшая доставка пострадавшего в медицинское учреждение;

б) устранение опасности, угрожающей жизни человека;

в) ускоренное поступление квалифицированной медицинской помощи;

г) подготовка пострадавшего к транспортировке в лечебное учреждение.

5. Наличие чего следует проверить для оценки тяжести состояния пострадавшего?

а) остроту зрения;

б) целостность костей скелета;

в) наличие пульса;

г) остроту слуха.

6. Отметьте реанимационные мероприятия при остановке дыхания:

а) уложить пострадавшего на спину;

б) не трогать пострадавшего;

в) быстро удалить пальцем, салфеткой или платком содержимое полости рта или глотки;

г) перенести пострадавшего на другое место;

д) начать оживление пострадавшего.

7. Что следует делать одновременно с искусственным дыханием при его остановке?

а) провести непрямой массаж сердца;

б) уложить больного спиной на твердую горизонтальную поверхность;

в) расстегнуть одежду, стесняющую грудную клетку;

г) освободить дыхательные пути от инородных тел, слизи, пищевых масс.

8. Какое число дыханий в минуту при искусственном дыхании?

а) 5–10;

б) 12–14;

в) 16–20;

г) 20–25.

9. Через сколько надавливаний проводится сильный вдох, если реанимацию проводит один человек?

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. Через сколько надавливаний проводится сильный вдох, если реанимацию проводят два человека?

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. Отметьте признаки эффективного массажа сердца:

а) расширение зрачков, светобоязнь;

б) бледность кожных покровов;

в) восстановление самостоятельного дыхания;

г) появление пульса на сонных, бедренных артериях;

д) сужение зрачков.

12. Укажите последовательность наложения кровоостанавливающего жгута:

а) кожу на месте наложения жгута обернуть бинтом;

б) прикрепить записку с указанием времени наложения жгута;

в) надежно закрепить наложенный жгут;

г) поврежденную конечность приподнять вверх;

д) сделать первый оборот жгута, затянуть его, чтобы остановилось кровотечение.

13. На какой максимальный срок можно накладывать кровоостанавливающий жгут летом?

а) не более двух минут;

б) не более двух часов;

в) не более двух суток.

14. Как правильно наложить кровоостанавливающий жгут?

а) не изменять положение конечности;

б) жгут накладывать на голое тело;

в) накладывать жгут только на конечность выше раны и поближе к ней;

г) накладывать жгут на конечность на 3–4 ч.

15. При открытом переломе перед иммобилизацией необходимо:

а) вправить в рану торчащий отломок;

б) положить холод на место перелома;

в) не шевелить сломанную конечность, наложить шину;

г) дать пострадавшему антибиотики;

д) наложить асептическую повязку;

е) создать покой пострадавшему;

ж) быстро доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

16. Отметьте признаки травматического шока:

а) бледная холодная и влажная кожа;

б) редкий пульс;

в) редкое дыхание;

г) спутанное сознание;

д) слюнотечение;

е) вялость и апатичность.

17. Какие меры первой помощи необходимо предпринять при травматическом шоке?

а) введение антибиотиков;

б) уменьшение болей (иммобилизация, введение обезболивающих);

в) прием жаропонижающих лекарств;

г) бережная транспортировка в лечебное учреждение;

д) полноценное питание;

е) обильное питье.

18. Как помочь пострадавшему при аллергическом шоке?

а) усадить больного;

б) дать внутрь жидкость;

в) прекратить контакт с аллергеном;

г) наложить на рану повязку;

д) уложить больного и зафиксировать язык.

19. Отметьте предвестники обморока:

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 подташнивание.

20. Укажите порядок оказания неотложной помощи при обмороке:

а) усадить больного на стул;

б) расстегнуть больному воротник, ослабить поясной ремень и галстук;

в) оставить больного в закрытом помещении;

г) приложить холод к голове;

д) уложить больного на спину с несколько опущенной головой;

е) поднести к носу ватку с нашатырным спиртом;

ж) вынести больного на свежий воздух или распахнуть окно.

21. Сколько времени необходимо для развития синдрома сдавливания при извлечении пострадавшего из-под завала?

а) достаточно 20–30 минут;

б) не менее 1–2 ч;

в) 2–3 ч;

г) не менее 4–6 ч.

22. Отметьте признаки синдрома длительного сдавливания:

а) повышение температуры, отеки, кровотечение;

б) пораженные 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.

23. Определите правильную последовательность оказания помощи при синдроме длительного сдавливания:

а) извлечь пострадавшего из-под обрушившихся тяжестей, наложить жгуты на поврежденные конечности, повязки, иммобилизация поврежденных конечностей, противошоковые мероприятия;

б) наложить асептические повязки на повреждения, извлечь из-под тяжестей, противошоковые мероприятия;

в) противошоковые мероприятия, наложить жгуты на поврежденные конечности, извлечь из-под тяжести, иммобилизация поврежденных конечностей;

г) извлечь из-под обрушившихся тяжестей, наложить асептические повязки, противошоковые меры, иммобилизация поврежденных конечностей, наложение жгутов.

24. Для чего надо накладывать жгуты на поврежденные конечности при синдроме длительного сдавливания?

- а) для остановки кровотечения;
- б) для иммобилизации поврежденных конечностей;
- в) для борьбы с шоком;
- г) для предотвращения поступления ядовитых продуктов распада

в кровь.

25. Отметьте признаки ушиба сустава:

- а) резкая деформация в области сустава;
- б) значительное нарушение функции сустава;
- в) «хруст» при пальпации костей;
- г) припухлость.

26. Отметьте признаки вывиха:

- 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.

27. Как помочь пострадавшему при вывихе?

- а) вправление вывиха не специалистом;
- б) тугое бинтование;
- в) иммобилизация конечности в том положении, которое она при-

няла после травмы;

- г) тепло на область поврежденного сустава.

28. Что относится к термическим ожогам?

- а) испуг, электрический ток, воздействие температуры;
- б) воздействие газа, кислоты, щелочи;
- в) воздействие высокой и низкой температуры;
- г) стресс, радиоактивное излучение, ранение.

29. Сколько выделяют степеней ожога?

- а) 2;
- б) 5;
- в) 3;
- г) 4.

30. Отметьте характерные признаки ожога первой степени:

- а) покраснение, пузыри, резкая боль обожженных участков;
- б) боль, корочки-струпья, омертвление кожи;
- в) покраснение, отек обожженных участков кожи, боль;
- г) боль, обугливание кожи, подкожной клетчатки и подлежащих

тканей.

31. Что надо сделать при термическом ожоге с образованием пузырей и тканевой жидкости?

- а) обработать место ожога 3%-м раствором борной кислоты;
- б) наложить стерильную повязку;
- в) обработать место ожога 5%-м раствором йода;
- г) вскрыть пузыри;
- д) смазать жиром (мазью);
- е) обработать 33%-м раствором спирта.

32. Что относится к химическим ожогам?

- а) воздействие кислоты, щелочи;
- б) стресс, радиоактивное излучение, ранение;
- в) удар, сдавление, растяжение, сотрясение, ранение;
- г) воздействие высокой и низкой температур.

33. Что нужно сделать при ожоге кислотой кожных покровов?

- а) промокнуть места ожога стерильной ватой или марлей;
- б) промыть струей воды, затем смочить 3%-м раствором борной кислоты;

в) промыть струей воды, затем смочить раствором уксусной эссенции;

г) промыть струей воды, обмыть 2%-м раствором пищевой соды, наложить сухую повязку.

34. Что нужно сделать при ожоге щелочью кожных покровов?

- а) промокнуть места ожога стерильной ватой или марлей;
- б) промыть струей воды, обмыть 2%-м раствором борной (лимонной) кислоты, столового уксуса;
- в) промыть струей воды, обмыть 2%-м раствором пищевой соды;
- г) смазать места ожога вазелином (жиром).

35. Какие правила следует соблюдать при снятии одежды с пострадавшего при термических ожогах?

- а) если одежда пристала к коже, ее нужно обрезать вокруг раны;
- б) одежда с пострадавшего снимается, начиная с больной стороны;
- в) при сильном кровотечении следует 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.

36. Отметьте признаки поражения хлором:

- а) чувство жажды;
- б) сильная боль в конечностях;
- в) развитие отека легких, иногда пневмонии;
- г) покраснение кожи;
- д) пульс частый, слабый, сердечная слабость;
- е) общее возбуждение, страх, потеря координации движения;
- ж) повышение температуры тела.

37. Отметьте последовательность проведения необходимых мероприятий в очаге химического поражения:

- а) сделать непрямой массаж сердца;
- б) надеть противогаз;
- в) ввести антидот;
- г) обработать кожу содержимым ИПП;
- д) частичная санитарная обработка ИПП;
- е) применить искусственное дыхание;
- ж) при поражении аммиаком обработать кожу раствором кислот;
- з) при поражении хлором обработать кожу раствором пищевой соды;

и) вынести пострадавшего из очага химического поражения.

38. Как помочь человеку, пострадавшему от молнии?

- а) не торопиться с оказанием первой помощи;
- б) немедленно начать прямой массаж сердца и искусственное дыхание способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос»;
- в) надеть на пострадавшего противогаз;
- г) своевременно и правильно проводимые реанимационные мероприятия помогут спасти жизнь пострадавшего;
- д) транспортировать пострадавшего в больницу на носилках в положении на боку.

39. Что является причиной смерти при электротравме?

- а) кровотечение;
- б) болевой шок;
- в) остановка сердца и дыхания;
- г) разрыв внутренних органов.

40. Как следует оказывать помощь при поражении электрическим током?

а) оценить состояние (при необходимости оживлять), наложить асептические повязки, отключить ток;

б) изолировать пострадавшего от тока, оценить состояние (при необходимости оживлять), наложить асептические повязки на места ожогов;

в) изолировать пострадавшего от тока, наложить асептические повязки на ожоги, оживлять;

г) наложить асептические повязки, принять меры по оживлению, изолировать пострадавшего от тока.

41. Какой вид утопления встречается чаще?

а) асфиксический;

б) вторичный;

в) первичный;

г) рефлекторный.

42. Определите правильно последовательность первой помощи при первичном утоплении:

а) сердечно-легочная реанимация (непрямой массаж сердца, искусственная вентиляция легких);

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 легких;

ж) растереть кожные покровы, обернуть сухим одеялом.

43. Как помочь человеку при гипертоническом кризе?

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;

ж) приложить холод к переносице;

з) вызвать скорую медицинскую помощь.

44. Сколько различают степеней тяжести лучевой болезни?

а) 2;

б) 7;

в) 4;

г) 3.

45. Укажите правильную последовательность проведения мер профилактики лучевой болезни:

а) дать пострадавшему выпить адсорбирующие средства (адсорбер 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 свою одежду;

е) защитить глаза с помощью очков-консервов;

ж) немедленно надеть респиратор (противогаз, противопылевую тканевую маску или ватно-марлевую повязку);

з) после вывода из опасной зоны помыться и сменить одежду;

и) провести дозиметрический контроль загрязненности тела;

к) срочно транспортировать пострадавшего в лечебное учреждение.

Практическое занятие № 8

ДЕМЕРКУРИЗАЦИОННЫЕ РАБОТЫ [9]

Цель работы:

- изучить вредное воздействие на человека ртути и ее соединений;
- научиться действиям по демеркуризации и соблюдению мер безопасности.

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 и порядок сбора пролитой ртути. Меры безопасности;
 - в) Химическая демеркуризация и порядок ее проведения;
 - г) Оказание первой медицинской помощи.
3. Выбрать свой вариант тестов (табл. 8.1), который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.

4. Представить преподавателю для контроля законспектированные ответы на поставленные выше вопросы. Подготовиться к опросу.

5. Заполнить таблицу тестами своего варианта и ответами на них. Сдать на проверку.

Таблица 8.1

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	

Теоретическая часть

Ртуть – блестящий, серебристо-белый жидкий металл. Удельная масса его $13,546 \text{ кг/м}^3$, температура плавления – $38,87^\circ\text{C}$, температура кипения – $+357,25^\circ\text{C}$, класс опасности – первый (чрезвычайно опасное химическое вещество). Опасный загрязнитель окружающей среды, в особенности воды, поскольку в результате деятельности населяющих воду микроорганизмов происходит образование растворимой в воде и токсичной метилртути, накапливающейся в рыбе.

В Республике Беларусь ежегодно происходит загрязнение окружающей среды ртутью, чаще – в местах массового пребывания людей и в быту. При концентрации паров ртути в воздухе, равной $0,13\text{--}0,80 \text{ мг/м}^3$, наступает острое отравление (при разливе ртути максимальная концентрация насыщенных паров в воздухе при температуре 20°C достигает $15,2 \text{ мг/м}^3$). Время жизни паров ртути в атмосфере составляет 3–5 суток, после чего она в виде органических соединений закрепляется на поверхности пола или земли. Предельно допустимые концентрации металлической ртути приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Предельно допустимые уровни загрязнения
металлической ртутью и ее парами

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
ПДК в населенных пунктах (среднесуточная)	мг/м^3	0,0003
ПДК в жилых помещениях (среднесуточная)	мг/м^3	0,0003
ПДК воздуха в рабочей зоне (максимальная разовая)	мг/м^3	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

Ртуть – типичный представитель кумулятивных ядов. Хорошо растворяется в азотной кислоте. Растворяет золото, серебро, цинк, образуя твердые растворы амальгамы. Активно реагирует с серово-

дородом, образуя сульфид ртути – нерастворимое нетоксичное соединение, которое выводится из организма. *Абсорбируется конст-руктивными материалами помещений*, т. е. поглощается из газовой или жидкой среды всей массой другого вещества-абсорбента. Испаряется при комнатной температуре. Процесс возрастает при повышении температуры. Пары ртути тяжелее воздуха в семь раз. Из всех соединений ртути наиболее опасна сулема (HgCl_2).

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.

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.

В помещении объемом до 60 м³ существует опасность ртутного отравления. *При обнаружении ртути в помещении* необходимо удалить из него детей и обеспечить максимальное проветривание. Поэтому, если обнаружено помещение, загрязненное ртутью (разбились ртутный термометр, люминесцентная либо ртутная лампа), позвоните по телефону службы спасения «101» и вызовите специалистов из Центра санитарии и гигиены, дежурной службы по ГО, ЧС или УВД.

Пролитую ртуть лучше собирать в перчатках с помощью медной пластинки или листочка станиоля (оловянной фольги). Можно использовать древесные опилки. Сбор ртути проводят от периферии загрязненного участка к его центру. Необходимым условием этого сбора является ограничение площади загрязнения. После тщательного сбора видимой ртути ищут скрытые источники ртутного загрязнения.

Допускается сметать капли ртути мокрой волосистой кистью или щеткой в эмалированный совок, извлекать депонированную ртуть из углублений и щелей при помощи полосок алюминиевой фольги, очищенной цинковой жести или латунной проволоки. Чтобы ртуть хорошо прилипла к медным изделиям, перед использованием их промывают обезжиренным растворителем, а после контакта с ртутью – обрабатывают разбавленной азотной кислотой и промывают водой. Медными кисточками ртуть собирают под слой воды или других органических жидкостей.

Мелкие (пылевидные) капельки ртути (до 1 мм) собирают влажной фильтрованной или газетной бумагой. Бумагу размачивают в воде до значительной степени разрыхления, отжимают и в таком виде протирают загрязненные поверхности. Капельки ртути прилипают к бумаге, с которой их переносят в герметичную емкость.

Ветошь, загрязненную ртутью и помещенную в герметичную тару, отдают на утилизацию в санитарно-эпидемическую службу. Ее нельзя выбрасывать в мусоропровод!

Химическая демеркуризация. Даже самая тщательная уборка не обеспечивает полный сбор ртути с загрязненных поверхностей. Поэтому необходимо воздействовать на металлическую ртуть различными химическими соединениями, которые снизят скорость ее испарения путем перевода ртути в оксиды и соли с меньшей упругостью паров, а также облегчат ее последующее удаление с загрязненных поверхностей.

Для химической демеркуризации используют:

а) мыльно-содовый раствор (4%-й раствор мыла в 5%-м водном растворе соды);

б) 20%-й водный раствор хлорида железа;

в) 5–10%-й водный раствор полисульфида натрия или кальция;

г) 20%-й водный раствор хлорной извести;

д) 4–5%-й раствор моно- и дихлорамина;

е) 5–10%-й водный раствор соляной кислоты;

ж) 10%-й водный раствор сульфата меди или иодида калия.

Расход демеркуризатора на 1 м² площади составляет 0,15–1 л. Время обработки 1 м² загрязненной поверхности включает:

1) нанесение демеркуризирующих растворов – 10 минут;

2) экспозиция демеркуризации – от 8 до 48 ч;

3) смыв и влажная уборка – 15 минут.

В зависимости от глубины проникновения ртути в различные материалы и конструкции их или удаляют из помещений, или производят депонирование ртути с применением непроницаемых для ее 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 использо-

вании сильноосновных катионов (например, сульфуголь), полностью поглощающих ионы ртути.

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 проветривание;
- 7) применение химических демеркуризаторов и смывающих средств;
- 8) интенсивное проветривание помещений, двухразовый контроль загрязнения;
- 9) увлажнение удаляемого со стен, потолка и пола материала;
- 10) складирование загрязненного ртутью мусора на водонепроницаемой подстилке и своевременный (не позже 2–3 суток) вывоз его в места, отведенные для захоронения твердых отходов, спецтранспортом.

Влажную уборку объекта проводят на заключительном этапе демеркуризации объекта. Моют поверхности нагретым до 70–80 °С мыльно-содовым раствором с расходом 0,5–1 л/м². Раствор состоит из 4%-го мыла в 5%-м водном растворе кальцинированной соды. Вместо мыла допускается использовать 0,3–1%-й водный раствор моющих бытовых стиральных порошков. Тщательно обмывают поверхности водопроводной водой и протирают их ветошью насухо.

Безопасность при проведении демеркуризационных мероприятий. Запрещается:

- 1) находиться на загрязненном ртутью объекте людям, не связанным с выполнением работ и не обеспеченным средствами индивидуальной защиты;
- 2) принимать пищу, пить, курить, расстегивать одежду и снимать средства индивидуальной защиты;

- 3) выливать собранную ртуть в канализацию;
- 4) держать, даже кратковременно, собранную ртуть вблизи нагревательных приборов;
- 5) хранить собранную ртуть, а также твердые и жидкие отходы на объекте;
- 6) хранить в рабочих помещениях все приспособления, посуду и инвентарь, используемые для сбора ртути и демеркуризации; они могут храниться на объекте до завершения работ в отдельных закрытых помещениях.

В качестве СИЗ следует использовать промышленные противогазы типа «Г» или респираторы газо-пылезащитные при демеркуризации относительно небольших количеств ртути.

После окончания демеркуризации работники 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%-м раствором перманганата калия; 4) тщательно почистить зубы.

Первая медицинская помощь при отравлении ртутью. Различают *острые* и *хронические отравления* металлической ртутью. Острые отравления ее парами чаще случаются в производственных условиях: в аварийных ситуациях или при грубых нарушениях правил техники безопасности. Но в последние годы все чаще происходят бытовые отравления ртутью.

Возможны также и отравления сулемой (HgCl_2), используемой в медицине в качестве дезинфицирующего средства (1 : 1000), в сельском хозяйстве – для протравливания семян, в фармацевтической промышленности, в строительстве – для пропитки дерева и др. Она является высокотоксичным протоплазматическим ядом (смертельная доза 0,2–0,3 г).

Ртуть и ее соединения обладают выраженным нейротоксическим действием. При остром отравлении парами ртути первые признаки проявляются в период от 8 до 24 ч с момента отравления: а) общая слабость; б) головная боль; в) боль при глотании; г) 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 организма человека через желудочно-кишечный тракт отмечают более серьезные клинические проявления. 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 возбудимость, повышение артериального давления. При анализе крови обнаруживается анемия.

Действия при остром отравлении ртутью: 1) уложить пострадавшего на носилки и вынести на свежий воздух; 2) промыть желудок (при попадании ртути внутрь), после чего дать больному 20–30 г активированного угля и обильное питье для более быстрого вывода ядовитых соединений с мочой; 3) 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. Рекомендуются выпить молоко. Оказав пострадавшему первую медицинскую помощь, следует вызвать врача или доставить его в лечебное учреждение.

Бытовое отравление. Если пострадавший без сознания, необходимо уложить 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, нужно осторожно запрокинуть голову пострадавшего и выдвинуть нижнюю челюсть вперед и вверх, чтобы он мог дышать. Необходимо срочно промыть желудок 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.

Хроническое отравление. Характеризуется воспалением десен, болью в желудке, воспалением легких, слабостью, сонливостью, головной болью. Отмечается эмоциональная неустойчивость, раздражительность, апатия. Наблюдаются также снижение умствен-

ных способностей, ослабление внимания и памяти. Постепенно начинает развиваться дрожание кончиков пальцев рук, затем ног и всего тела. Снижается обоняние, кожная чувствительность, усиливается потливость, возникает нарушение ритма сердечной деятельности.

Хранение ртути. Хранение и перевозку ртути, используемой в промышленных целях, осуществляют 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 и прокладкой из пластмассы.

В лабораторных условиях ртуть хранят в толстостенной стеклянной посуде с притертыми пробками на вакуумной смазке. Однако основным способом является хранение ее в запаянных стеклянных ампулах по 30–40 мл в каждой, которые помещаются в сварные стальные коробки. Не разрешается хранить ртуть в тонкостенной или любой открытой посуде.

Тесты

1. Что такое абсорбция?

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.

2. К какому классу опасности среди высокотоксичных веществ относится ртуть?

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

3. В помещении какого максимального объема разбитый ртутный медицинский термометр может создать опасные для здоровья концентрации?

а) 20 м³;

б) 30 м³;

в) 50 м³;

- г) 60 м^3 ;
- д) 100 м^3 .

4. В какой кислоте ртуть хорошо растворима?

- а) разбавленной серной кислоте;
- б) разбавленной соляной кислоте;
- в) разбавленной азотной кислоте;
- г) разбавленной фосфорной кислоте.

5. При каких концентрациях паров ртути в воздухе возможны острые отравления людей?

- а) $0,05\text{--}0,93 \text{ мг/м}^3$;
- б) $0,13\text{--}0,80 \text{ мг/м}^3$;
- в) $0,10\text{--}0,55 \text{ мг/м}^3$;
- г) $0,28\text{--}0,45 \text{ мг/м}^3$.

6. Можно ли отнести ртуть к кумулятивным ядам?

- а) да;
- б) нет.

7. Через какое время проявляется поражающее действие ртути?

- а) через 5–10 ч;
- б) через 8–24 ч;
- в) через 2–5 ч.

8. Какие основные пути поступления металлической ртути в организм человека?

- а) через органы дыхания;
- б) через органы пищеварения;
- в) через кожные покровы;
- г) через слизистые оболочки.

9. Указать рекомендуемую норму расхода мыльно-содового раствора при проведении влажной уборки в ходе демеркуризационных работ:

- а) $0,2\text{--}0,3 \text{ л/м}^2$;
- б) $0,3\text{--}0,5 \text{ л/м}^2$;
- в) $0,5\text{--}1 \text{ л/м}^2$;
- г) $1,0\text{--}1,5 \text{ л/м}^2$.

10. Какой раствор рекомендуется использовать для полоскания рта при обнаружении признаков поражения ртутью?

- а) раствор хлорида кальция;
- б) раствор хлорида цинка;

- в) раствор хлорида железа;
- г) раствор сульфида натрия.

11. Какой раствор рекомендуется использовать для полоскания рта по окончании демеркуризационных работ?

- а) раствор хлорида кальция;
- б) раствор перманганата калия;
- в) раствор хлорида железа;
- г) раствор иодида калия.

12. Во сколько раз пары ртути тяжелее воздуха?

- а) в 5 раз;
- б) в 7 раз;
- в) в 10 раз;
- г) в 2 раза.

13. Взаимодействует ли ртуть с сероводородом?

- а) да;
- б) нет.

14. Способна ли ртуть сорбироваться на конструкционных материалах?

- а) да;
- б) нет.

15. Какой натуральный продукт является противоядием для ртути?

- а) молоко;
- б) кофе;
- в) яичный белок;
- г) апельсиновый сок;
- д) крепкий чай.

16. Какое количество сулемы способно вызвать летальный исход?

- а) 0,05–0,09 г;
- б) 0,1–0,5 г;
- в) 0,01–0,04 г;
- г) 0,001–0,009 г.

17. Через какие органы ртуть выводится из организма?

- а) через почки;
- б) через органы дыхания;
- в) через печень.

18. Отметьте признаки острого отравления ртутью:

- а) боли в коленках;
- б) сильный кашель;

- в) сонливость;
- г) нет реакции на болевые раздражители;
- д) шок.

19. Укажите время, отводимое на влажную уборку для обработки 1 м² поверхности после демеркуризации:

- а) 5 минут;
- б) 7 минут;
- в) 15 минут;
- г) 20 минут;
- д) 30 минут.

20. Какая должна быть экспозиция демеркуризации 1 м² загрязненной ртутью поверхности?

- а) 1 ч;
- б) 3 ч;
- в) 5 ч;
- г) 35 ч;
- д) 3 суток.

21. Когда необходимо проветривать помещение, загрязненное ртутью?

- а) до демеркуризации;
- б) после демеркуризации;
- в) в процессе демеркуризации;
- г) на всех этапах.

22. В каких баллонах можно хранить ртуть?

- а) в стеклянных;
- б) в медных;
- в) в стальных;
- г) из пластмассы.

Практическое занятие № 9

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ [10]

Цель работы: ознакомиться с оценкой ущерба от химических загрязнений в экологических ЧС.

Порядок выполнения работы

1. Изучить материалы, изложенные в [2, с. 101–124].
2. Выписать исходные данные своего варианта (табл. 9.2), который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.
3. При выполнении работы и заполнении отчета использовать материалы учебного пособия или лекции.

Решение задач

Задача 9.1. 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.

1. Экономический ущерб определяется по формуле

$$Y_{\text{атм}} = Y_{\text{уд}} M G_{\text{зАз}} f, \quad (9.1)$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны загрязняющих веществ, равный 100 тыс. руб./усл. т (на практике определяется и периодически уточняется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством финансов);

M – приведенная масса годового выброса, усл. т;

$G_{\text{зАз}}$ – показатель относительной опасности загрязнения для различных реципиентов в зоне активного загрязнения;

f – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере.

2. Расчет *приведенной массы годового выброса* производят по формуле

$$M = \sum A_i m_i = A_1 m_1 + A_2 m_2 + \dots, \text{ усл. т,}$$

где m_i – количество поступающего в атмосферу вещества i -го типа (табл. 9.4);

A_i – показатель относительной агрессивности i -го вещества, характеризующий количество оксида углерода, эквивалентное по воздействию на окружающую среду одной тонне этого вещества, усл. т/т.

Таблица 9.1

Предельно допустимые концентрации и показатели,
характеризующие относительную агрессивность
некоторых примесей в атмосферном воздухе

№ вари- анта	Примесь	ПДК _{ср} , мг/м ³	ПДК _{рз} , мг/м ³	a_i , усл. т / т	λ_i	α_i	β_i	δ_i
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 угле- рода	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	4 472	1	5	1	1
13	Бенз(а)пирен	10^{-6}	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \times 10^5$	1	2	1	1

Таблица 9.2

Значения величин показателя относительной агрессивности A_i
для некоторых видов пыли сложного состава

№ вари- анта	Вид пыли	A_i , усл. т/т
1	Пыль гипса, известняка	25
2	Золы углей кузнецких	80
3	Твердые частицы, выбрасываемые дизелями и иными установками, сжигающими мазут	200
4	Твердые частицы, выбрасываемые двигателями внутреннего сгорания, работающие на неэтилированном бензине	300
5	Тоже на этилированном бензине	500

Показатель относительной агрессивности A_i определяют по табл. 9.2 или рассчитывают по исходным данным табл. 9.1, используя формулу

$$A_i = a_i \alpha_i \delta_i \lambda_i \beta_i, \text{ усл. т/т,}$$

где a_i – относительная опасность примеси в воздухе, вдыхаемом человеком; уровень опасности для человека вещества i -го типа по отношению к уровню опасности оксида углерода;

α_i – поправка, учитывающая вероятность накопления примесей в окружающей среде и в цепях питания, а также поступления загрязнителя в организм человека неингаляционным путем;

δ_i – поправка, учитывающая вредное воздействие загрязнителя на основных реципиентов, кроме человека;

λ_i – поправка на вероятность вторичного выброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхностях (для пыли);

β_i – поправка на вероятность образования исходных примесей, выброшенных в атмосферу, других (вторичных) загрязнителей, более опасных, чем исходные (для легких) углеводородов.

В табл. 9.1 величины a_i задают уровень опасности для человека вещества i -го типа по отношению к уровню опасности оксида углерода.

3. Расчет показателя относительной опасности в зоне активно-го загрязнения G_{3AZ} для данных реципиентов (лес, дома отдыха, городской поселок и др.) производят по формуле

$$G_{3AZ} = \sum \left(\frac{S_j}{S_{3AZ}} \right) G_j = \left(\frac{S_1}{S_{3AZ}} \right) G_1 + \left(\frac{S_2}{S_{3AZ}} \right) G_2 + \dots, \quad (9.2)$$

где S_j – площадь зоны реципиента, попавшего в зону активного загрязнения, столбец 9 в табл. 9.4 (рис. 9.1 и 9.2);

S_{3AZ} – площадь зоны активного загрязнения от источника загрязнения (см. рис. 9.1 и 9.2); рассчитывается или задана в табл. 9.4;

G_j – показатель относительной опасности загрязнения воздуха j -го реципиента (табл. 9.3) с учетом территории в табл. 9.4.

Таблица 9.3

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 чел.	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

Таблица 9.4

Исходные данные для оценки экономического ущерба
от загрязнения атмосферы

№ вари- ри- анта	Виды примесей	Масса приме- си m , т/год	Высота трубы h , м	Раз- ность темпе- ратур Δt , °C	Кэф. очист- ки η , %	Пло- щадь $S_{\text{ЗАЗ}}$, км ²	Номер типа терри- тории	Площадь террито- рии дан- ного типа S_j , км ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оксид углерода	100	20	150	60		2	0,5
2	Диоксид серы	120	80	130	90		4	2,5
3	Аммиак	40	—	—	—	1,5	5	1,5
4	Оксид углерода	180	25	75	92		2	0,2
5	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,1	—	—	—	0,2	1 6	0,08 0,12
6	Оксид углерода	60	80	75	92		2	0,5
7	Сероводород	20	60	150	60		2	0,5
8	Твердые части- цы от ДВС на неэтилирован- ном бензине	50	—	—	—	0,25	7	0,2
9	Неорганические соединения ртути	0,03	—	—	—	0,05	4	0,01
10	Пыль асбеста	100	—	—	—	2,5	8	2,0
11	Оксид углерода	100	70	200	70		5	12
12	Бенз(а)пирен	0,03				0,6	10	0,2
13	Формальдегид	20	9	—	—		8	0,2
14	Диоксид серы	50	40	75	—		5	0,5
15	Формальдегид	10	70	200	60		12	15
16	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,05	—	—	—	0,1	11	0,09
17	Оксид углерода	80	60	150	92		4	1,5
18	Твердые части- цы, выбросы дизелями	40	—	—	—	3	9	2,0
19	Оксид углерода	50	40	150	50		4	2,0
20	Хлор (трансгра- ничный перенос)	10	—	—	—	1,5	1	1,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Оксид углерода	100	50	225	75		4	2,0
22	Оксид углерода	100	45	150	92		4	6,0
23	Пыль асбеста	100	9	–	–		5	0,25
24	Оксид углерода	90	50	150	80		5	2
25	Цианистый водород	0,08	–	–	–	20	4	10
26	Ацетон	5				0,5	5	0,4
27	Оксид углерода	100	30	150	60		2	0,5
28	Оксид углерода	200	80	130	90		5	2,5
29	Оксид углерода	150	25	75	92		2	0,2
30	Бенз(а)пирен (автотранспорт)	0,05	–	–	–	0,2	1	0,08

4. Расчет площади зоны активного загрязнения. Выделяют три типа источников:

- 1) организованные (трубы), показаны на рис. 9.1, 9.2;
- 2) низкие неорганизованные (склады, вентиляторы, окна промышленных зданий, свалки и т. п.);
- 3) высокие неорганизованные (терриконы и др.).

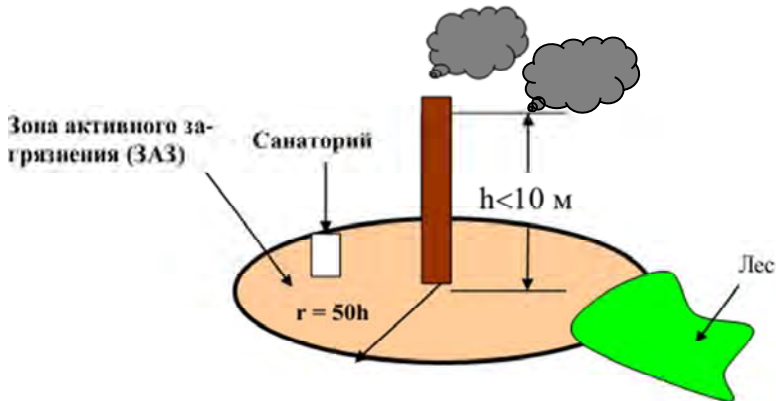


Рис. 9.1. Зона активного загрязнения от организованного источника высотой менее 10 м

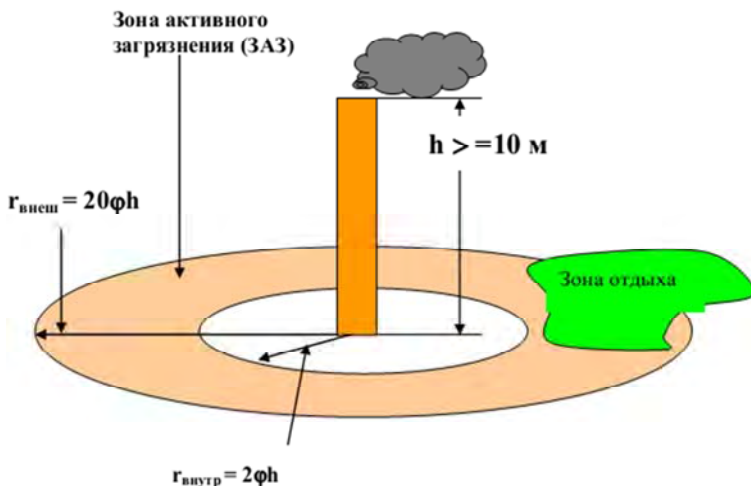


Рис. 9.2. Зона активного загрязнения от организованного источника высотой более 10 м

Форма и площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) определяются 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 Δt в устье источника и в окружающей среде на уровне устья. Зоной активного загрязнения является:

1) круг с центром в источнике и радиусом $r = 50h$ – для труб высотой $h < 10$ м (см. рис. 9.1);

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 (см. рис. 9.2).

3) для низких неорганизованных источников – территория, ограниченная кривой, расстояние от любой точки которой до ближайшей точки границы источника равняется $20h$.

Для учета подъема факела используется поправка

$$\phi = \frac{\Delta t}{75^{\circ}\text{C}}.$$

Зона активного загрязнения вдоль автомобильных дорог – полоса 200 м относительно центра дороги.

Из рис. 9.1 и 9.2 следует, что площадь ЗАЗ равна

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi(50h)^2, \text{ км}^2;$$

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi(18\phi h)^2, \text{ км}^2.$$

Величины S_j заданы в условии задачи (см. табл. 9.4), а величины G_j находят в табл. 9.3 по типу территории, которые задаются в табл. 9.4. Подставляют данные в формулу (9.2) и результат записывают в отчет.

5. Расчет *величины поправки на характер рассеивания примеси*.

А. При значении коэффициента очистки (см. табл. 9.4) $\eta \geq 90 \%$; U [м/с] – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера (3 м/с) – величина поправки на характер рассеивания примеси f , которую вычисляют по формуле

$$f = f_1 = \left(\frac{100}{(100 + \phi h)} \right) \left(\frac{4}{(1 + U)} \right).$$

Б. При значении коэффициента очистки $70 \% \leq \eta < 90 \%$ величину поправки на характер рассеивания примеси f вычисляют по формуле

$$f = f_2 = \left(\frac{1000}{(60 + \phi h)} \right)^{0,5} \left(\frac{4}{(1 + U)} \right).$$

В. При значении коэффициента очистки $\eta < 70 \%$, в том числе и для источников, не имеющих устройств очистки, величина поправки на характер рассеивания примеси f принимается:

$$f = f_3 = 10.$$

Подставляя полученные данные в формулу (9.1), находят ущерб.

Задача 9.2. Укрупненная оценка социального (воздействие на здоровье людей) и экологического ущербов от загрязнения атмосферы (по результатам решения задачи 9.1). Оценка экономического ущерба учитывает степень агрессивности химических веществ при воздействии их на здоровье человека и окружающую среду. Полную оценку можно сделать по данным табл. 9.5.

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 данным табл. 9.5 можно сделать только общую оценку степени опасности загрязнения химическими веществами.

Таблица 9.5

Известные воздействия химических соединений
на здоровье человека и окружающую среду

Название химического соединения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Наиболее вероятные заболевания человека
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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
Асбест	X					X				X	Рак, фиброз легких

Продолжение табл. 9.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хлор					X	X		X			Рак, заболевания органов дыхания
Сероводород	X	X	X		X	X		X	X	X	Рак, сердечно-сосудистая система, генетические мутации
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	Блокировка поступления кислорода в воду
Хлориды (анион)	X		X	X	X	X	X		X		Рак и другие заболевания
Нитрат-ион	X	X			X	X		X	X		Рак, анемия
Фенолы			X		X			X	X		Токсичны для всего живого
Медь			X	X				X		X	Подавление детородной функции
БПК (биологическая потребность в кислороде) в водоеме								X			Недостаток кислорода, гибель живых организмов
Азот аммонийный						X			X		Нарушение экологического равновесия в водоеме
Цинк	X				X	X		X		X	Рак и другие заболевания
Мышьяк	X	X		X	X		X	X		X	Рак, уродства, анемия, заболевания репродуктивной, сердечно-сосудистой и нервной систем

Окончание табл. 9.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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

Задача 9.3. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов (табл. 9.6). Промышленное и сельскохозяйственное загрязнение водного бассейна является результатом сброса в водоемы сточных вод, содержащих вредные вещества, и смыв в водоемы загрязнений почвы.

Таблица 9.6

Исходные данные для укрепленной оценки экономического ущерба (задача 9.3)

Номер варианта	Тип загрязняющих веществ	Масса выброса m_i , тыс. т	Участок выброса	Показатель относительной загрязненности, σ_K
1	2	3	4	5
1	БПК (биологическая потребность в кислороде) 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 Г. 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. Верхне-двинск	2,4

Продолжение табл. 9.6

1	2	3	4	5
8	Нефтепродукты Нитраты	0,07 200	Зап. Двина г. 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
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. Верхне- двинск	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 г. Витебск	2,1

1	2	3	4	5
28	Фенолы Азот аммонийный	0,1 80	Зап. Двина г. Верхне- двинск	2,5
29	Свинец Фенолы	0,001 0,1	Днепр г. Быхов	1,8
30	Нефтепродукты Нитраты	0,07 20	Зап. Двина г. п. Сураж	1,4

Ущерб от такого загрязнения рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{вод}} = Y_{\text{уд}} \sigma_K M, \text{ руб.},$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб, причиненный экономике сбросом в водоем одной условной тонны загрязняющих веществ, которая принята 400 тыс. руб. / усл. т;

σ_K – показатель относительной опасности загрязнения водоемов (см. табл. 9.6);

M – приведенная масса загрязняющих веществ в годовом объеме сточных вод, которая может быть определена в условных тоннах по формуле

$$M = \sum A_i m_i = A_1 m_1 + A_2 m_2 + \dots, \text{ усл. т.},$$

где A_i – относительная агрессивность вод загрязняющих веществ i -го вида

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{вр } i}};$$

m_i – масса примесей i -го вида, поступивших в водоем, т.

Значения $\text{ПДК}_{\text{вр}}$ находят в справочниках для хозяйств по разведению рыбы (табл. 9.7).

Таблица 9.7

Предельно допустимые концентрации некоторых примесей
в водоемах по разведению рыбы

№ пп	Ингредиенты и показатели	Предельно допустимая концентрация, мг/л
1	БПК полная	3,0 мг O ₂ /л
2	Азот аммонийный (NH ₄)	0,39 (N)
3	Нитрат-ион (NO ₃)	9,0 (N)
4	Нитрит-ион (NO ₂)	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

Задача 9.4. Укрупненная оценка социального (воздействие на здоровье людей) и экологического ущербов от загрязнения водоемов (по результатам решения задачи 9.3). 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. 9.5.

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 животноводства, а в конечном итоге и в организм человека. В данной задаче этот случай не рассматривается.

Задача 9.5. Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения поверхности земли твердыми отходами. Рассматривается только экономический ущерб от загрязнения и отчуждения земельных ресурсов с применением формулы

$$Y_{\text{отх}} = Y_{\text{уд}} q M, \text{ руб.},$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву (условно 200 тыс. руб. за тонну за выбросы неорганических отходов; 300 тыс. руб. – за выбросы органических отходов);

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);

M – масса годового выброса отходов, загрязняющих почву, т/год.

Студент выбирает сам вид загрязнителя с пояснением в применении причины выбора.

Для решения задачи исходные данные брать из табл. 9.8.

Таблица 9.8

Исходные данные для решения задачи 9.5

Номер варианта	Наименование территории	Количество твердых отходов, тыс. т/год	Величина q
1	2	3	4
1	Брестская область (1994 г.)	29	0,5
2	Витебская область (1994 г.)	85	0,5
3	Гомельская область (1994 г.)	113	0,5
4	Гродненская область (1994 г.)	86	0,5
5	Минск (1994 г.)	404	0,5
6	Минская область (1994 г.)	76	0,7
7	Могилевская область (1994 г.)	98	0,5
8	Брестская область (1993 г.)	33	0,7
9	Витебская область (1993 г.)	78	0,5
10	Гомельская область (1993 г.)	119	0,5
11	Гродненская область (1993 г.)	72	0,7
12	Минск (1993 г.)	374	0,5
13	Минская область (1993 г.)	88	0,5
14	Могилевская область (1993 г.)	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

Окончание табл. 9.8

1	2	3	4
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 г.)	100	0,5
27	Гродненская область (1995 г.)	90	0,5
28	Минск (1995 г.)	404	0,5
29	Минская область (1995 г.)	76	0,7
30	Могилевская область (1995 г.)	98	0,5

Выводы

Номер задачи	Искомые величины	Результат	Оценка
9.1	Показатель относительной агрессивности		
	Приведенная масса годового выброса		
	Площадь зоны активного загрязнения		
	Показатель относительной опасности		
	Значение величины поправки		
	Экономический ущерб		
9.2	Эффекты воздействия на здоровье		
	Основные заболевания человека		
	Эффекты воздействия на окружающую среду		
9.3	Относительная агрессивность		
	Приведенная масса загрязняющих веществ		
	Экономический ущерб		
9.4	Эффекты воздействия на здоровье		
	Основные заболевания человека		
	Эффекты воздействия на окружающую среду		
9.5	Экономический ущерб от загрязнения твердыми отходами		

Практическое занятие № 10

ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ АВАРИЕЙ НА НЕФТЕПРОВОДЕ, И ОЦЕНКА ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЙ [11]

Цель работы:

- изучить особенности техногенного воздействия нефти на окружающую среду, основные приемы проведения аварийно-восстановительных работ после аварии на нефтепроводе, а также принципы проведения мониторинга окружающей среды в местах техногенно загрязненных территорий;
- смоделировать проведение спасательных и других неотложных работ после аварии на нефтепроводе;
- разработать план отбора проб поверхностной и грунтовой воды на местности, загрязненной нефтью;
- дать оценку экологического состояния поверхностных вод на месте аварии нефтепровода.

Порядок выполнения работы

1. Изучить [2, с. 98–116].
2. Ознакомиться с методикой выполнения работы.
3. Приступить к выполнению работы.
4. Записать в отчет порядок проведения аварийно-спасательных работ на месте аварии.
5. Описать мероприятия, проводимые при мониторинге окружающей среды.
6. Разработать план отбора проб поверхностной и грунтовой воды на месте аварии.

Теоретическая часть

Техногенное воздействие нефти на окружающую среду. Чрезвычайная ситуация вызвана полным разрывом трубопровода (диаметром 1 220 мм, с толщиной стенки 15,2 мм). Профиль поврежденного участка трассы спокойный, расстояние между линейной

запорной арматурой 15–20 км. В этом случае максимальный объем стока нефти составит 20 000–25 000 м³.

Основные усилия должны быть направлены на предотвращение загрязнения вытекающей нефтью больших территорий и тем более попадания ее в жилые поселки, открытые водоемы и грунтовые воды. Это частично можно осуществить за счет применения стационарных и временных искусственных преград, таких как земляные валы, мягкие плавучие ограждения для сбора нефти с поверхности водоема.

Последствия нефтяного загрязнения природной среды определяются количеством и химическим составом загрязняющих веществ, интенсивностью механических повреждений. От совместного воздействия перечисленных факторов будет зависеть приспособляемость экосистемы к новым условиям и возможность восстановления функциональных звеньев. Или же она перейдет от метастабильного состояния к полной деградации. Биогеохимические функции нефти при загрязнении природной среды отражаются прежде всего в ее воздействии на живые экосистемы.

Действие нефтяных компонентов сказывается на изменении экологической обстановки: пропитывая почву, обволакивая корни, листья, стебли и проникая сквозь мембраны клеток, нефть нарушает водно-воздушный баланс среды и организмов, обмен веществ и трофические связи.

Пропитывание нефтью почвенной массы приводит к активным изменениям в химическом составе, свойствах и структуре почв. Это сказывается на гумусовом горизонте. Количество углерода в нем резко увеличивается, значительно ухудшаются свойства почвы как питательного субстрата для растений. Гидрофобные частицы нефти затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних.

В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, pH, ухудшается газообмен с атмосферой, уменьшается количество растворенного кислорода.

Нефть существенно отличается от других загрязнителей по характеру воздействия на природные системы, поскольку не обладает строго определенным химическим составом. Она состоит из множества разновидностей смолисто-углеродных систем, свойства которых могут существенно отличаться друг от друга.

Особенности проведения спасательных и других неотложных работ. Для быстрого и результативного проведения аварийно-спасательных работ на нефтепроводе необходимо разработать план ликвидации последствий ЧС, в который должны быть включены нижеперечисленные мероприятия.

1. Назначение ответственных руководителей и исполнителей.

2. Оценка возможной опасности для близлежащих населенных пунктов, предприятий, водоемов, сельскохозяйственных угодий, шоссейных и железных дорог от растекающейся нефти и вероятности взрыва или пожара.

3. Мероприятия по спасению и эвакуации людей и скота, застигнутых аварией.

4. Выделение необходимого количества технических средств для проведения работ по предотвращению растекания, ликвидации аварии и ее последствий.

5. Мероприятия по ликвидации аварии.

6. Мероприятия по мониторингу и оценке, предотвращению или сокращению загрязнения окружающей среды от растекшейся нефти.

Аварийно-восстановительные работы на линейной части магистральных нефтепроводов заключаются в восстановлении герметичности трубопровода. По своему характеру они относятся к работам повышенной опасности и состоят из отдельных операций, которые выполняются в следующей последовательности: 1) локализация поврежденного участка нефтепровода (закрытие с обеих сторон линейных задвижек); 2) подготовка отводящей траншеи и земляной емкости для сбора вытекшей нефти; 3) опорожнение поврежденного участка от нефти; 4) откачка нефти из емкостей по сбору; 5) вскрытие дефектного участка и подготовка ремонтного котлована для производства газорезочных работ; 6) герметизация внутренней полости трубопровода; 7) вырезка из нефтепровода дефектного участка; 8) проведение монтажно-сварочных работ; 9) контроль качества сварных швов; 10) подключение отремонтированного участка нефтепровода; 11) мониторинг окружающей среды и проведение при необходимости рекультивационных, восстановительных работ.

Важным этапом в устранении последствий аварии на нефтепроводе является подготовка отводящей траншеи и земляной емкости (рис. 10.1) для сбора нефти.

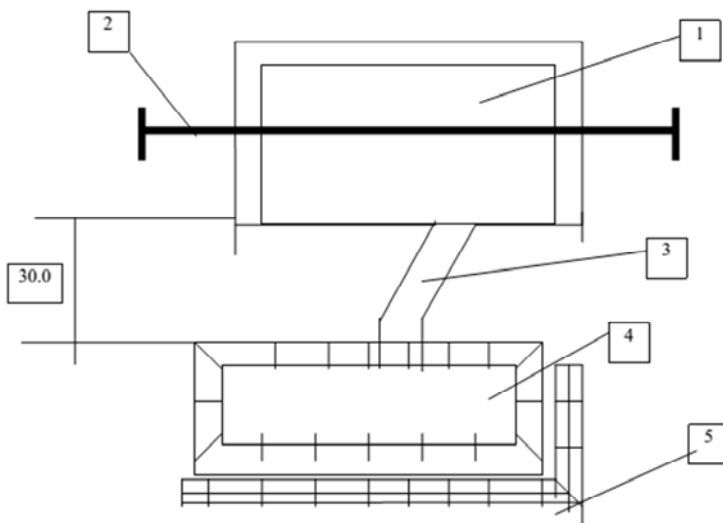


Рис. 10.1. Схема емкости для сбора нефти:
 1 – ремонтный котлован; 2 – нефтепровод; 3 – отводящая траншея;
 4 – емкость для сбора нефти; 5 – отвал грунта

Размеры емкости зависят от объема нефти, который должен сойти с поврежденного участка с учетом его продольного профиля (уклона). При аварии нефтепровода большого диаметра в резко пересеченной местности объем котлована может достигать несколько десятков тысяч м³.

После подготовки емкости для сбора нефти и отводящей траншеи производится полное опорожнение поврежденного участка самотеком через прорыв по отводящей траншее в емкость или путем откачки через специально врезанные патрубки. Откачка нефти производится передвижными насосами, нефть сбрасывают в соседние резервуары или в соседний неповрежденный участок.

После проведения ремонтных работ на трубопроводе остатки нефти из емкостей перекачиваются обратно в трубопровод, а загрязненный мазутом грунт вывозится в специально подготовленное место или сжигается на месте.

Особенности проведения мониторинга окружающей среды.
 Последний этап проведения аварийно-восстановительных работ –

оценка загрязнения окружающей среды и проведение при необходимости рекультивации загрязненной местности.

Для того, чтобы оценить экологические последствия ЧС, вызванные аварией на нефтепроводе, необходимо произвести мониторинг окружающей среды.

Мониторинг окружающей среды – это информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов.

Мониторинг окружающей среды включает в себя нижеперечисленные основные этапы.

1. Изучение загрязненной местности: истории, геологии, гидрогеологии, карт.
2. Определение мест взятия проб почвы (составление плана отбора проб), поверхностной воды, донных отложений, грунтовых вод и атмосферного воздуха.
3. Отбор проб на местности.
4. Контроль на месте отобранных проб воды по следующим показателям: растворенный кислород, pH, проводимость, температура и т. д.
5. Проведение аналитических, лабораторных анализов для определения концентраций вредных веществ.
6. Сравнение полученных концентраций показателей со значениями их предельно допустимых концентраций (ПДК).
7. Определение по полученным результатам местности с превышением ПДК вредных веществ.
8. Выбор методов рекультивации (очистки) загрязненных мест.
9. Проведение рекультивационных работ на местности.

Составление плана отбора проб

Надежность результатов мониторинга окружающей среды зависит от способа отбора проб различных сред. Этот процесс является весьма ответственной операцией, так как правильный выбор способа и места отбора может способствовать большей надежности и регламентированности контроля (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Правила отбора проб, методы и сроки хранения и консервации

Определяемый ингредиент	Объем пробы, дм ³	Количество консерванта на 1 дм ³ пробы	Посуда	Сроки и условия хранения
Вкус, запах, цвет, мутность, температура	500	Не консервируют	Стеклянная	Определение проводят не позднее двух часов после отбора пробы. Температуру определяют сразу
Взвешенные вещества	300	Не консервируют	Стеклянная	Определение проводят не позднее 24 часов после отбора пробы
Водородный показатель (рН)	200	Не консервируют	Стеклянная или поли-этиленовая	Определение проводят сразу на месте
Удельная электропроводность	300	Не консервируют	Стеклянная или поли-этиленовая	Определение проводят сразу на месте
Растворенный кислород	500	Не консервируют	Стеклянная или поли-этиленовая	Определение проводят сразу на месте
Нефть	1 000	Консервируют четыреххлористым углеродом	Стеклянная широкогорлая банка	Экстракт можно хранить две недели в холодном месте

Мониторинг загрязнения атмосферы, почвы и воды начинают со знакомства с местом проведения наблюдений и с выбора места отбора проб (составляют план отбора проб). При анализе объектов окружающей среды очень важным фактором является условие хранения проб. Они должны быть защищены от воздействия атмосферного воздуха и других загрязнителей (рис. 10.2).

При анализе *поверхностных и грунтовых вод*, с целью сохранения постоянства свойств и исследуемых компонентов, после отбора проб при необходимости проводят консервацию, так как при хранении и транспортировке возможны потери легколетучих компонентов или изменение состава в результате химических реакций между ними. В качестве консервирующих веществ рекомендованы различные соединения (азотная, серная кислота, четыреххлористый углерод и т. д.). Правила отбора проб, методы и сроки хранения и кон-

сервации регламентируются в методиках и ГОСТ по контролю различных веществ в окружающей среде. Окончательные результаты мониторинга зависят также и от правильно выбранных методик дальнейшего аналитического определения концентраций загрязняющих веществ.

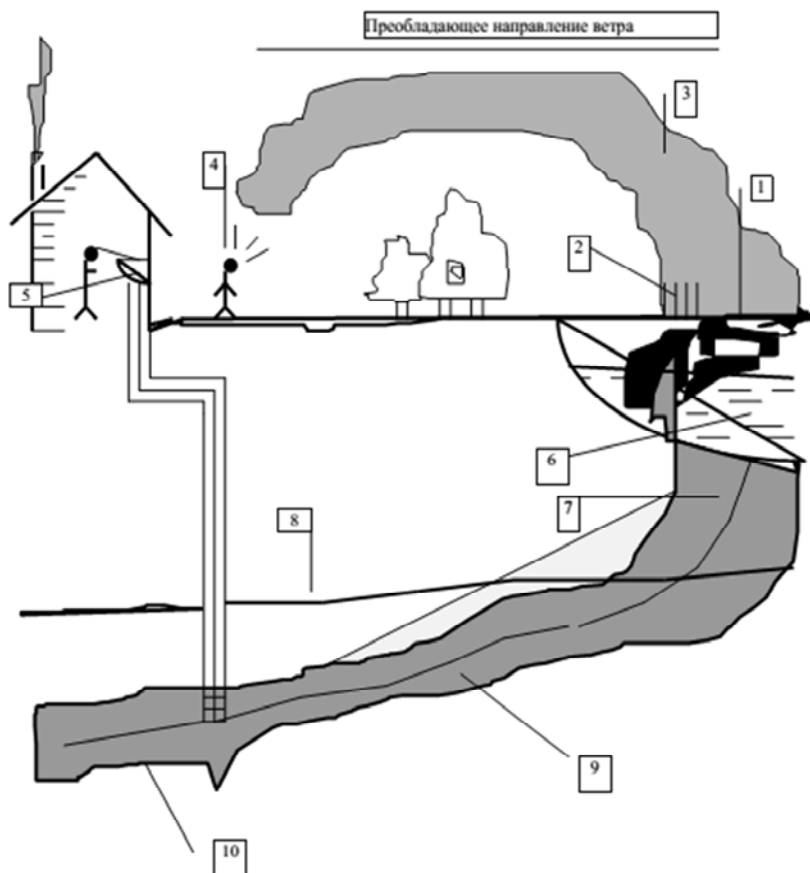


Рис. 10.2. Место загрязнения территории нефтью:
 1 – точка воздействия (разлив нефти); 2 – механизм выброса (испарение);
 3 – переносящая среда (воздух); 4 – воздействие при дыхании; 5 – точка воздействия при питье; 6 – среда воздействия (почва); 7 – механизм загрязнения (просачивание);
 8 – уровень грунтовых вод; 9 – переносящая среда (грунтовые воды);
 10 – течение грунтовых вод

Подготовка и проведение полевых работ на объекте обязательно должны включать в себя нижеперечисленные мероприятия.

1. Разработка плана отбора проб.

2. Проведение отбора проб и консервации их для дальнейшего выполнения аналитических анализов.

3. Проведение полевых и лабораторных анализов по основным веществам-загрязнителям.

4. Заполнение сопроводительных документов.

Следует отметить, что для того, чтобы провести полный мониторинг на загрязненной местности, необходимо составить план и произвести отбор проб почвы, поверхностных вод и донных отложений, грунтовых вод и атмосферного воздуха. Для этого необходимо учесть возможную миграцию загрязняющих веществ (почва, ее структура, водоносные слои и направления их потока, геология, господствующие ветры, флора и фауна).

Пробы почвы отбираются с поверхности по определенной схеме с помощью лопаты или других специальных инструментов на глубине 5–20 см; пробы глубинного загрязнения почвы отбирают во время проведения бурения контрольных скважин на глубине до 2 м и не менее чем в пяти местах по длине скважины (до уровня грунтовых вод).

Поверхностные воды отбираются с поверхности озер, рек с помощью специальных бутылей, а с глубины – с помощью специальных устройств, называемых батометрами (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Измеренные значения показателей поверхностной воды

Измеряемый показатель пробы воды	Значения ПДК для открытых водоемов
Температура, °С	22
Проводимость, мСм/см	≤ 0,3
Растворенный кислород, мг/дм ³	≥ 4
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5

Грунтовые воды отбираются из пробуренных в выбранных местах контрольных скважин с помощью специальных насосов.

Отобранная проба воды должна с наиболее возможной полнотой представлять основные показатели химического состава поверхностных или грунтовых вод в данный момент или за определенный промежуток времени. Способы отбора, консервации и хранения проб должны гарантировать неизменность химического состава в интервале между отбором проб и их анализом. План отбора проб (место отбора, его продолжительность, периодичность, способ отбора, обработки и подготовки, перечень контролируемых параметров) определяется поставленными задачами и регламентируется отраслевыми стандартами.

Место отбора пробы поверхностной воды выбирается с учетом территории загрязнения объекта; должен быть свободный доступ. Проба отбирается в непосредственной близости от источника загрязнения для оценки влияния источника загрязнения на открытые водотоки (реки и т. д.). Отбирают несколько проб: в месте загрязнения, выше и ниже источника загрязнения (на расстоянии до 500 м). Пробу отбирают пробоотборником на глубине 0,3–0,5 м от поверхности, а в зимний период – у нижней кромки льда. На небольших водотоках пробы отбирают на середине водотока; на реках шириной 20 м и более – у обоих берегов и на середине реки (рис. 10.3).

Место отбора проб грунтовой воды связано с необходимостью проведения дорогостоящих буровых работ. Выбор места бурения скважины определяется направлением потока грунтовых вод, который обычно совпадает с уклоном рельефа (направлением течения речной воды, а также необходимостью получить как можно больше информации о распространении загрязнения в грунтовых водах с наименьшими финансовыми затратами).

Различают простую и смешанную пробу. *Простая проба* характеризует состав воды в данный момент времени в данном месте. Ее получают однократным отбором требуемого количества воды. *Смешанную пробу* получают, сливая простые пробы, взятые в одном и том же месте через определенные промежутки времени или отобранные в различных местах обследуемого объекта. Эта проба должна характеризовать средний состав воды объекта или средний состав за определенный период времени (за час, день и т. д.), но не более суток. Смешанную пробу нельзя применять для определения компонентов и характеристик воды, легко подвергающихся изменению (растворенные газы, растворенный кислород, pH и т. д.).

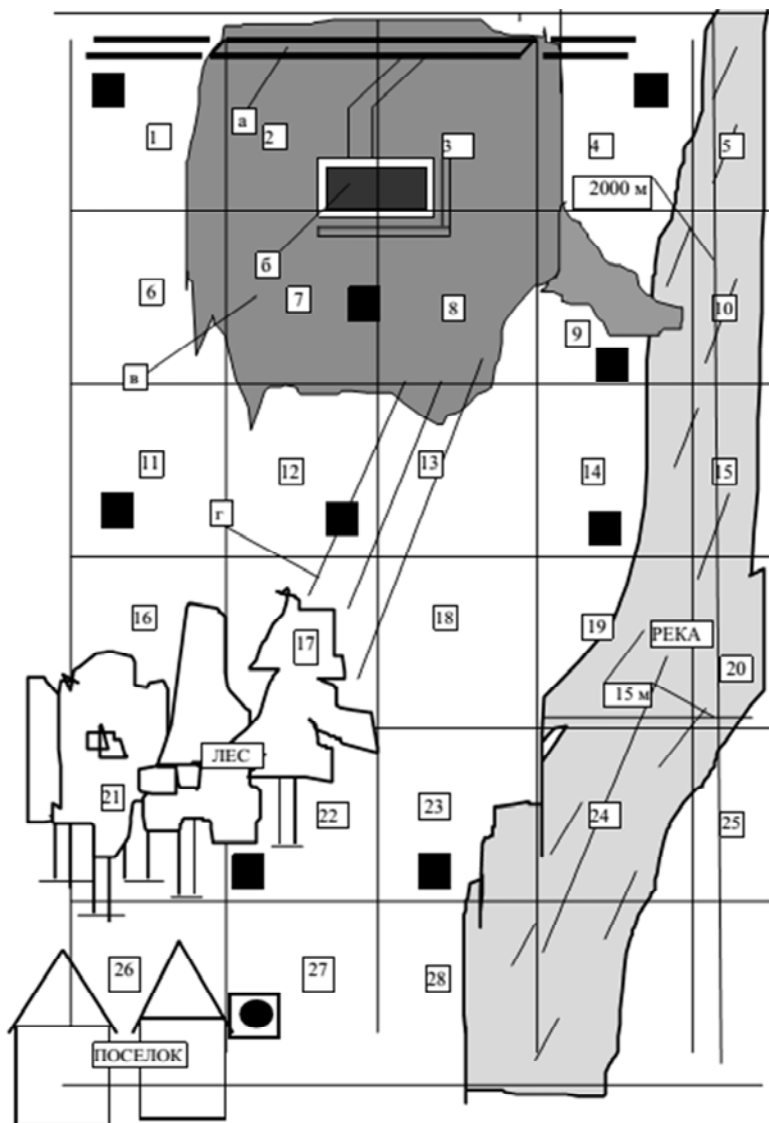


Рис. 10.3. Точки отбора проб:

а – место аварии на линейном нефтепроводе; *б* – емкость для аварийного сбора нефти;
в – визуально оцениваемое пятно загрязнения; *г* – направление потока грунтовых вод;

-  – скважины для контроля грунтовых вод;
-  – колодец с питьевой водой

Если в результате проведенных анализов обнаружено изменение состава или свойства воды, превышение ПДК вредных веществ, производят учащенный отбор проб в определенных местах (один раз в день в течение недели) с соответствующей корректировкой *частоты отбора* после стабилизации контролируемых показателей.

Устройства и способы отбора проб. Отбор проб для каждого показателя должен производиться в отдельные чистые сосуды однократным наполнением без перелива. Перед началом отбора пробы посуду надо 2–3 раза ополоснуть анализируемой водой.

Пробу воды для определения нефтепродуктов надо отбирать в отдельную прогладуированную стеклянную посуду, не ополаскивая ее анализируемой водой, так как нефтепродукты сорбируются на стенках сосуда. Пробу используют целиком и при проведении экстракции обмывают стенки сосуда порцией растворителя, присоединяя ее потом к основной массе экстракта. Для определения содержания нефтепродуктов отбирают обычно 1 л воды.

Во время проведения отбора проб на местности заполняются сопроводительные документы, указанные в отраслевых стандартах. Они должны включать в себя сведения о количестве и размерах проб, порядке их сбора, месте их сбора, любых полевых измерениях, также должны быть указаны физические, метрологические и гидрологические переменные, время сбора и фамилия проводящего сбор проб. Транспортировка проб может осуществляться любым видом транспорта (кроме общественного).

Техника безопасности. В связи с тем, что пробы могут содержать токсичные или воспламеняющиеся вещества или представлять опасность микробиологического и вирусного характера, при их сборе необходимо соблюдать особую осторожность, используя резиновые перчатки, респиратор, резиновые сапоги. После процедуры необходимо тщательно вымыть руки мылом и протереть спиртом. Отбор проб поверхностных вод должны производить не менее двух человек.

Основные показатели загрязнения поверхностных вод

Для проведения предварительной оценки состояния поверхностного водоема необходимо в качестве основных показателей выбрать такие, которые могут позволить с одной стороны – провести мало-затратный мониторинг качества воды, с другой – получить макси-

мум достоверной информации. К таким показателям относятся: водородный показатель (рН), растворенный кислород, удельная электропроводность. Ниже приведены сведения об общих показателях загрязнения водной среды. Они все определяются непосредственно в местах отбора проб, так как зависят от температуры и быстро изменяются (табл. 10.3).

Таблица 10.3

Исходные данные для оценки состояния поверхностной воды

№ варианта	№ пробы	рН, ед. рН	Проводимость, мСм/см	Растворенный кислород, мг/дм ³
1	2	3	4	5
1	проба № 1	6,3	0,25	4,0
	проба № 2	5,6	0,45	3,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8
2	проба № 1	6,8	0,20	5,0
	проба № 2	5,1	0,35	2,5
	проба № 3	6,5	0,30	3,0
3	проба № 1	7,3	0,35	6,0
	проба № 2	4,6	0,65	2,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,0
4	проба № 1	8,3	0,15	6,0
	проба № 2	9,0	0,25	4,0
	проба № 3	8,7	0,20	3,8
5	проба № 1	6,3	0,25	4,0
	проба № 2	5,6	0,45	3,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8
6	проба № 1	7,3	0,30	8,0
	проба № 2	8,6	0,55	2,9
	проба № 3	7,9	0,40	3,8
7	проба № 1	6,3	0,25	4,0
	проба № 2	5,9	0,65	2,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8
8	проба № 1	8,3	0,35	4,0
	проба № 2	9,6	0,60	1,5
	проба № 3	9,0	0,50	2,5
9	проба № 1	6,8	0,15	7,0
	проба № 2	6,0	0,35	4,0
	проба № 3	6,5	0,30	3,8
10	проба № 1	6,3	0,25	4,0
	проба № 2	5,6	0,45	3,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8

Продолжение табл. 10.3

1	2	3	4	5
11	проба № 1	6,3	0,25	4,0
	проба № 2	5,9	0,35	2,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8
12	проба № 1	6,8	0,20	5,0
	проба № 2	5,8	0,65	3,5
	проба № 3	6,5	0,30	3,0
13	проба № 1	6,8	0,20	5,5
	проба № 2	5,1	0,35	2,5
	проба № 3	6,5	0,30	3,0
14	проба № 1	8,2	0,40	4,4
	проба № 2	9,1	0,45	1,5
	проба № 3	8,5	0,42	2,0
15	проба № 1	8,0	0,10	4,5
	проба № 2	8,9	0,35	3,5
	проба № 3	8,5	0,22	3,8
16	проба № 1	8,2	0,30	6,2
	проба № 2	9,5	0,38	2,8
	проба № 3	8,5	0,32	3,0
17	проба № 1	8,3	0,35	4,4
	проба № 2	9,6	0,60	1,5
	проба № 3	9,0	0,50	2,5
18	проба № 1	6,3	0,25	4,8
	проба № 2	5,9	0,35	2,5
	проба № 3	6,0	0,30	3,8
19	проба № 1	6,3	0,25	4,5
	проба № 2	5,3	0,65	1,5
	проба № 3	6,0	0,30	2,8
20	проба № 1	6,8	0,35	5,2
	проба № 2	4,9	0,45	3,5
	проба № 3	6,0	0,40	3,8
21	проба № 1	8,2	0,40	4,6
	проба № 2	9,1	0,45	1,5
	проба № 3	8,5	0,42	2,0
22	проба № 1	8,8	0,30	5,8
	проба № 2	9,4	0,35	2,5
	проба № 3	8,9	0,32	3,0
23	проба № 1	6,8	0,20	5,0
	проба № 2	5,8	0,65	3,5
	проба № 3	6,5	0,30	3,0
24	проба № 1	8,2	0,28	4,0
	проба № 2	8,8	0,45	2,8
	проба № 3	8,5	0,30	3,0

Окончание табл. 10.3

1	2	3	4	5
25	проба № 1	6,2	0,30	4,2
	проба № 2	5,4	0,45	2,5
	проба № 3	5,5	0,38	3,0
26	проба № 1	6,8	0,20	5,5
	проба № 2	5,1	0,35	2,5
	проба № 3	6,5	0,30	3,0
27	проба № 1	6,4	0,28	4,5
	проба № 2	5,8	0,55	3,5
	проба № 3	6,0	0,40	3,0
28	проба № 1	6,3	0,25	6,8
	проба № 2	5,2	0,62	4,0
	проба № 3	5,8	0,40	4,8
29	проба № 1	8,2	0,20	4,6
	проба № 2	9,5	0,35	3,5
	проба № 3	8,5	0,32	2,0
30	проба № 1	8,9	0,30	6,6
	проба № 2	9,8	0,45	4,5
	проба № 3	8,5	0,41	5,0

Водородный показатель (рН). Для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоемов в черте населенных мест, в соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5. Для нейтральной воды $\text{pH} = 7$, для кислой – $\text{pH} < 7$, для щелочной – $\text{pH} > 7$.

В большинстве природных вод рН находится в пределах от 6,5 до 8,5 и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода и бикарбонат иона. Более низкие значения рН могут наблюдаться в кислых болотных водах. Летом при интенсивном фотосинтезе рН может повышаться до 9. На величину рН влияет также содержание гидроокисей, солей, подверженных гидролизу, гуминовых веществ и т. д.

В результате происходящих в воде химических и биологических процессов и потерь уголекислоты рН воды может быстро изменяться и этот показатель следует определять сразу же после отбора пробы. Желательно на месте отбора.

Растворенный кислород. Концентрация кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала, направление

и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений. Кислород попадает в воду при ее контакте с воздухом, его содержание зависит от температуры и давления. В артезианских водах кислорода нет, а в поверхностных – его концентрации велики. В поверхностных водах содержание кислорода уменьшается при наличии организмов брожения, гниения и т. п. Резкое снижение содержания кислорода в воде указывает на ее загрязнение, в частности нефтепродуктами.

Кислородный режим оказывает большое влияние на жизнь водоема. Концентрация растворенного кислорода зависит от температуры воды, времени суток, экологического состояния водоема. ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения, а также для водоемов культурно-бытового пользования должно быть больше либо равно 4 мг/дм^3 .

Электропроводность – это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. Удельная электропроводность составляет для природных пресных вод $0,2 \text{ мСм/см}$ и $0,3 \text{ мСм/см}$ – для хлоридной и карбонатной минерализации. Более высокие значения считаются загрязнением. Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов и используется при мониторинге для оценки общей минерализации вод. *Удельная электропроводность* – удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного загрязнения.

Практическая часть

Дать оценку экологического состояния поверхностной воды (реки) после аварии на нефтепроводе.

Пробы поверхностной воды (реки) контролируются по следующим показателям: рН, растворенный кислород, удельная электропроводность. Отобранные пробы грунтовой воды контролируются на присутствие нефти. Указать координаты мест отбора проб поверхностной (три точки) и грунтовой (четыре скважины) воды.

Для выполнения задания данные, полученные после проведения анализа поверхностной воды – значения концентрации растворенно-

го кислорода, рН, проводимости, – занести в тетрадь. Затем сравнить заданные концентрации с соответствующими значениями ПДК.

Для чистой воды должно выполняться следующее условие:

$$\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где C_i – концентрация i -го вещества, мг/дм³;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация этого вещества, мг/дм³.

Вопросы

1. Какие существуют основные механизмы миграции техногенных потоков нефти на местности и пути их возможного воздействия на человека?
2. Какие основные мероприятия выполняются при ликвидации аварийного состояния на нефтепроводе?
3. Какие основные этапы включает в себя мониторинг окружающей среды после проведения ремонтных работ на нефтепроводе?
4. Какие существуют особенности техногенного воздействия нефти на природную среду?
5. Какие существуют виды проб воды?
6. Каким образом проводится забор грунтовых и поверхностных вод?
7. Какие параметры определяются на месте отбора проб?
8. Какие показатели загрязнения водной среды относятся к общим, для чего их определяют и о присутствии каких загрязнителей они говорят?
9. Оценка состояния водных объектов.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ

Практическое занятие № 11

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС [12]

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 γ -излучения;
- по результатам оценки предложить меры защиты, исключающие или уменьшающие радиационные потери среди населения.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [13, с. 123–143].
2. В процессе решения задач выбрать исходные данные своего варианта (табл. 11.1), который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.

Таблица 11.1

Исходные данные для решения задач 11.1 и 11.2

№ варианта	Задача 11.1				Задача 11.2	
	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 зараженной местности, ч
	первое измерение t_1	второе измерение t_2	при первом измерении $\dot{X}_1$	при втором измерении $\dot{X}_2$		
1	2	3	4	5	6	7
1	10–30	11–00	60,1	48,1	3	5
2	10–30	11–00	107,3	85,9	2	6
3	10–30	11–00	40,9	34,8	1	4
4	10–30	11–00	153,9	100,0	5	7
5	10–30	11–00	76,6	61,4	1	6

1	2	3	4	5	6	7
6	10–30	11–00	67,7	60,9	3	7
7	10–30	11–00	133,6	106,9	4	5
8	10–30	11–00	92,3	60,0	2	4
9	10–30	11–00	51,1	43,5	2	8
10	10–30	11–00	102,7	82,2	6	7
11	10–30	11–00	115,8	104,3	3	5
12	10–30	11–00	107,3	85,9	3	8
13	10–30	11–00	89,1	80,2	6	7
14	10–30	11–00	79,6	75,7	4	5
15	10–30	11–00	76,7	61,4	1	5
16	10–30	11–00	92,0	78,3	3	6
17	10–30	11–00	118,5	88,9	8	7
18	10–30	11–00	133,3	100,0	4	8
19	10–30	11–00	122,7	104,3	3	5
20	10–30	11–00	81,8	49,1	1	7
21	10–30	11–00	106,6	80,0	4	5
22	10–30	11–00	58,2	46,6	4	6
23	10–30	11–00	23,7	21,4	2	7
24	10–30	11–00	35,0	33,3	2	9
25	10–30	11–00	147,2	110,4	4	10
26	10–30	11–00	56,8	45,5	3	6
27	10–30	11–00	65,7	49,3	4	7
28	10–30	11–00	40,9	26,6	3	6
29	10–30	11–00	38,8	31,1	3	4
30	10–30	11–00	26,1	22,2	2	4

Решения задач

Задача 11.1. Привести мощность экспозиционной дозы к одному часу после взрыва.

А. Определяем интервал времени между вторым и первым измерениями (табл. 11.2):

$$t_2 - t_1.$$

Б. Рассчитываем отношение уровней радиации при втором и первом измерениях:

$$\frac{\dot{X}_2}{\dot{X}_1}.$$

По отношению (11.1, Б) и промежутку времени между вторым и первым измерениями ($t_2 - t_1$) в табл. 11.2 находим время, прошедшее с момента взрыва до второго измерения ($t_{\text{изм}}$).

Таблица 11.2

Определение времени, прошедшего с момента взрыва

Отношение мощностей экспозиционных доз при втором и первом измерениях $\dot{X}_2/\dot{X}_1$	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

$$t_{\text{взр}} = t_2 - t_{\text{изм}}.$$

По табл. 11.4 определяем коэффициент пересчета K на время $t_{\text{изм}}$.
Находим уровень радиации на один час после взрыва

$$\dot{X} = \dot{X}_2 K.$$

Задача 11.2. Определить возможные эквивалентные дозы облучения γ -лучами при действиях людей на местности, загрязненной радиоактивными веществами. По исходным данным табл. 11.1 и табл. 11.3 находим экспозиционную дозу излучения X_{100} (Рентгены) при величине мощности экспозиционной дозы 100 Р/ч.

Таблица 11.3

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 загрязненной территории, ч																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
1	64,8	98,8	121,0	138,0	151,0	161,0	170,0	178,0	184,0	190,0	201,0	209,0	216,0	222,0	228,0	233,0	237,0
2	34,0	56,4	72,8	85,8	96,4	105,0	113,0	119,0	125,0	131,0	140,0	148,0	155,0	161,0	166,0	170,0	174,0
3	22,4	38,8	52,8	62,4	71,2	77,8	84,6	91,9	95,8	100,0	110,0	117,0	124,0	130,0	134,0	138,0	142,0
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	104,0	109,0	114,0	118,0	122,0
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	104,0	108,0
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

Таблица 11.4

Коэффициент пересчета K мощности экспозиционной дозы
на один час после взрыва

Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправоч- ный коэф- фициент K	Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправоч- ный коэф- фициент K	Время, прошедшее после взрыва, ч	Поправоч- ный коэф- фициент 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

Экспозиционную дозу излучения в воздухе на открытой местно-
сти находим по формуле

$$X_{\text{в}} = X_{100} \frac{\dot{X}}{100}, \text{ Р},$$

где $\dot{X}$ – мощность экспозиционной дозы по результатам решения
задачи 11.1.

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

$$H = 0,96 X_{\text{в}}, \text{ сЗв.}$$

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

$$H_{\text{п}} = \frac{H}{K_{\text{осл}}}, \text{ сЗв.}$$

Значения коэффициента ослабления дозы радиации ($K_{\text{осл}}$), как
характеристика степени защищенности, даны в табл. 11.5.

Таблица 11.5

Коэффициенты ослабления доз радиации $K_{\text{осл}}$

На открытой местности	1
Автомобиль, крытый вагон	2
Бульдозер, автогрейдер	4
Открытые щели, траншеи	3–4
Дезактивированные щели, траншеи	20
Перекрытые щели, траншеи	40
Укрытия, убежища	400–1 000
Производственное здание, цех	5–8
Дома жилые каменные: одноэтажные трехэтажные пятиэтажные	10–13/40–50 20–30/400–600 25–50/400–600
Дома жилые деревянные: одноэтажные двухэтажные	2/7 7–13/12–16

Примечания.

1. В числителе показан диапазон изменения $K_{\text{осл}}$ для этажей дома, в знаменателе – для подвала.

2. Нижняя граница диапазона характеризует $K_{\text{осл}}$ нижних этажей (например, для трехэтажного дома).

Задача 11.3. *Определение допустимой продолжительности работы в цехах завода на радиоактивно загрязненной территории.* Исходные данные приведены в табл. 11.6. Определяем мощность экспозиционной дозы на момент начала облучения людей при входе на загрязненный радионуклидами участок территории:

$$\dot{X}_{\text{вх}} = \frac{[\dot{X}]}{K},$$

где $\dot{X}$ – мощность экспозиционной дозы на 1 ч после взрыва (результат решения задачи 11.1);

K – поправочный коэффициент, определяемый по табл. 11.4.

Время, прошедшее после взрыва до начала облучения, берется из табл. 11.1. Используя исходные данные из табл. 11.6:

$$H_{\text{зад}} = 0,96X_{\text{зад}}, \text{ сЗв},$$

и коэффициент $K_{\text{осл}}$ из табл. 11.5 рассчитывают отношение

$$\frac{X_{\text{зад}}}{\dot{X}_{\text{вх}}} K_{\text{осл}},$$

где K – коэффициент ослабления.

Таблица 11.6

Исходные данные для решения задач 11.3–11.5

№ варианта	Задача 11.3	Задача 11.4			Задача 11.5
	Заданная доза облучения $H_{\text{зад}}, \text{ сЗв}$	Количество рабочих и служащих на объекте N , чел.	Ранее полученная доза $H_{\text{рп}}, \text{ сЗв}$	Время, прошедшее после первого облучения, недели	$K_{\text{осл}}$ радиации защитными сооружен.
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	1 100
8	25	430	8	2	1 000
9	20	300	30	9	90
10	21	440	22	4	1 600
11	18	500	20	9	150
12	20	460	33	6	1 400
13	30	390	36	7	180
14	25	460	28	4	190
15	14	375	36	8	1 800
16	20	416	33	7	90
17	14	400	36	5	90
18	30	470	22	2	1 200
19	25	395	38	4	1 300
20	29	600	34	5	150

Окончание табл. 11.6

1	2	3	4	5	6
21	30	300	30	4	85
22	15	320	18	4	160
23	30	218	16	3	1 250
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 11.7

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 $H_{\text{ост}}$ радиации (доля от ранее полученной), %	90	75	60	50	42	35	30	25	20	17	15	13	11	10

Примечания.

1. Остаточная доза $D_{\text{ост}}$ – 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. Всевозможное 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 (табл. 11.8), определяем допустимое время пребывания людей в цехах завода.

Таблица 11.8

Допустимое время пребывания людей на радиоактивно загрязненной территории

Значение соотношения $X_{\text{здл}}/\dot{X}_{\text{вх}}$	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, загрязненной 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: $X_{\text{здл}}$ – заданная (установленная) экспозиционная доза излучения; $K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления дозы радиации зданиями, сооружениями; $\dot{X}_{\text{вк}}$ – мощность экспозиционной дозы в момент входа в зону загрязнения (начало облучения).

Задача 11.4. *Определение возможных радиационных потерь рабочих и служащих на открытой местности и в цехах завода.*

Исходные данные для решения задачи:

- 1) количество рабочих и служащих (N чел. из табл. 11.6);
- 2) эквивалентная доза H (сЗв), полученная людьми на открытой местности (по результатам решения задачи 11.2);
- 3) условия защищенности ($K_{\text{осл}} = 1$ для открытой местности);
- 4) ранее полученная эквивалентная доза $H_{\text{рп}}$ (см. табл. 11.6);
- 5) время, прошедшее после предыдущего облучения, недели (см. табл. 11.6);
- 6) остаточная эквивалентная доза $H_{\text{ост}}$, которая осталась в организме человека после предыдущего облучения; ее необходимо определить.

Например, если на заводе работают N чел., которые четыре недели тому назад уже получили дозу облучения $H_{\text{рп}}$, то какие радиационные потери могут быть при выполнении ими работ на открытой местности ($K_{\text{осл}} = 1$)? По табл. 11.7 определяем процент 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 табл. 11.6.

$$H_{\text{ост}} = \frac{H_{\text{рп}}}{100 \%}, \text{ сЗв.}$$

Определяем суммарную эквивалентную дозу

$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{ост}}, \text{ сЗв,}$$

где значение H берем по результатам решения задачи 11.3.

По табл. 11.9 значения H_{Σ} в столбце «Всего пораженных» находим % $B_{\text{п}}$ людей от всех облученных. Конкретное количество пораженных (потерявших трудоспособность) людей $N_{\text{пт}}$ находим по формуле

$$N_{\text{пт}} = \frac{N_{\text{чел}}}{100} \cdot \% B_{\text{п}}, \text{ чел.,}$$

где $N_{\text{чел}}$ берут из условия задачи 11.4 (см. табл. 11.6).

Таблица 11.9

Возможные радиационные потери при однократном (до четырех суток) облучении

Суммарная доза H_{Σ} , сЗв	Выход из строя, % ко всем облученным в течение времени, отсчитываемого от конца облучения				Смертельный исход от всего количества пораженных, %	Заболевания человека и их последствия
	2-е суток	2-я и 3-я неделя	3-я и 4-я неделя	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
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	Единичные, 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	

Окончание табл. 11.9

1	2	3	4	5	6	7
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	
450	100	0	0	100	50	Лучевая болезнь третьей степени (тяжелая)
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	Лучевая болезнь четвертой степени (крайне тяжелая)

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

По табл. 11.8 определяем время пребывания людей на загрязненной территории.

***Задача 11.5.** Определение режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности промышленного предприятия.*

Исходные данные в табл. 11.6. Табл. 11.10 содержит варианты режимов производственной деятельности объектов, которые имеют защитные сооружения со следующими коэффициентами ослабления радиации: $K_1 = 25-50$, $K_2 = 51-100$, $K_3 = 101-200$, $K_4 = 1\ 000$ и более.

Определяем условное наименование режима (см. табл. 11.4) по мощности экспозиционной дозы на один час после взрыва, вычисленной по результатам решения задачи 11.1. В табл. 11.10 определяем в какой диапазон коэффициентов K_1-K_4 входит коэффициент ослабления защитного сооружения вашего варианта.

Находим в табл. 11.10:

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

б) при возобновлении работы объекта в течение 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.

Таблица 11.10

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

Наименование зон	Уровни радиации че- рез 1 ч после взрыва, Р/ч	Условное наименование режима защиты	Коэффициент ослабления	Характеристика режима												Общая продолжи- тельность соблюде- ния режима, сутки	
				Время прекращения работы объекта (люди непрерывно находятся в защит. сооружениях), ч	Продолжительность работы объекта с использованием для отдыха защитных сооружений, ч				Продолжительность режима с ограниченным пробытием на открытой местности, ч								
					K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₁	K ₂	K ₃		K ₄
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
А	80	А-3	K ₁	4				10				22					1,5
			K ₂		3				9				24				
			K ₃			3				8				25			
			K ₄				3				7				26		
Б	100	Б-1	K ₁	6				16				26					
			K ₂		4				14				30				2
			K ₃			3				12				33			
			K ₄				3				9				36		
Б	140	Б-2	K ₁	8				24				28					2,5
			K ₂		6				18				36				
			K ₃			5				16				39			
			K ₄				4				12				44		
			K ₁	12				36				46					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Б	180	Б-3	K_2		8				24				64			4
			K_3			6				20				70		
			K_4				5				14				77	
			K_1	24				48				72				
Б	240	Б-4	K_2		12				28				104			6
			K_3			8				24				112		
			K_4				6				18				120	
			K_1	48				72				120				
В	300	В-1	K_2		16				32				192			10
			K_3			12				28				200		
			K_4				8				24				208	
			K_1	96				120				144				
В	400	В-2	K_2		24				48				288			15
			K_3			18				36				306		
			K_4				12				32				316	
			K_1	144				168				168				
В	500	В-3	K_2		36				60				394			20
			K_3			32				48				400		
			K_4				24				40				416	

Примечания.

1. В производственных зданиях и в каменных домах $K_{\text{осл}} = 7$.
2. Графы 13–16 – пребывание на открытой местности до 2 ч, остальное время – в домах.

Выводы

Номер задачи	Искомые величины	Результат
11.1	Интервал времени между вторым и первым измерениями мощности экспозиционной дозы t_2-t_1	
	Отношение $\frac{\dot{X}_2}{\dot{X}_1}$	
	Поглощенная доза в воздухе, сЗв	
	Время, прошедшее от момента взрыва до второго измерения	
	Время взрыва	
	Мощность экспозиционной дозы на 1 ч после взрыва	
11.2	Экспозиционная доза X_{100}	
	Экспозиционная доза излучения в воздухе на открытой местности	
	Эквивалентная доза облучения человека на открытой местности	
	Эквивалентная доза облучения человека в производственном помещении	
11.3	Отношение $X_{\text{зад}} K_{\text{осл}}/X_{\text{вх}}$	
	Допустимая продолжительность в цехах завода	
	Остаточная доза	
	Суммарная эквивалентная доза	
11.4	Всего пораженных:	
	процент	
	количество	
	из них со смертельным исходом	
11.5	Наименование режима	
	Время прекращения работы завода	
	Работа объекта с отдыхом в защитных сооружениях	
	Работа объекта с ограниченным пребыванием людей на открытой местности	
	Общая продолжительность режима	

Практическое занятие № 12

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ [14]

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, основной закон радиоактивного распада, защита от радиационных излучений на территории Беларуси.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [13, с. 123–143].
2. Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 12.1, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.
3. Приступить к решению задач.

Таблица 12.1

Исходные данные для решения задач 12.1–12.6

Номер вари- анта	Номера задач								
	12.1	12.2			12.3	12.4	12.5	12.6	
	m , г	A_1 , Ки	A_2 , Ки	A_3 , Ки	A_s , Ки/км ²	A_m , Ки/кг	K	A_{0s} , Ки/км ²	A_s , Ки/км ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	2	2	0,5	2	$1 \cdot 10^{-8}$	0,01	8	1
2	3	5	0,5	0,2	3	$1 \cdot 10^{-9}$	0,2	7	1
3	4	8	2,3	1,5	4	$2 \cdot 10^{-8}$	0,03	4	1
4	9	2	1	8	6	$3 \cdot 10^{-9}$	0,3	6	1
5	8	6	4,5	0,1	7	$5 \cdot 10^{-6}$	0,02	25	1
6	7	12	1,5	0,9	3,5	$6 \cdot 10^{-7}$	0,04	25	5
7	12	20	0,7	1,2	2,25	$3 \cdot 10^{-8}$	0,02	30	1
8	6	13	0,9	1	15	$3 \cdot 10^{-9}$	0,01	30	5
9	13	10	1,2	0,7	25	$4 \cdot 10^{-8}$	0,03	5	1
10	10	25	8	7	11	$3 \cdot 10^{-9}$	0,12	16	1

Окончание табл. 12.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	11	11	8,5	9	21	$3 \cdot 10^{-9}$	0,15	17	1
12	15	7	7,5	5	13	$5 \cdot 10^{-8}$	0,01	18	5
13	20	3	6	7,5	7,5	$6 \cdot 10^{-8}$	0,03	20	5
14	25	18	5	5,5	40	$1 \cdot 10^{-6}$	0,02	32	1
15	14	4	5,5	9,3	30	$3 \cdot 10^{-7}$	0,01	32	5
16	17	22	7	7,8	5	$9 \cdot 10^{-6}$	0,09	10	1
17	22	40	8,7	3	5,5	$8 \cdot 10^{-6}$	0,07	20	1
18	25	15	12	4	8	$2 \cdot 10^{-9}$	0,3	15	1
19	16	16	13	3,5	9	$8 \cdot 10^{-6}$	0,2	15	5
20	24	30	9,5	8,9	10	$6 \cdot 10^{-8}$	0,24	64	1
21	21	60	1,25	6	12	$5 \cdot 10^{-7}$	0,01	9	1
22	23	17	5,7	6,5	13	$8 \cdot 10^{-6}$	0,12	36	5
23	30	21	6,5	10	14	$4 \cdot 10^{-6}$	0,08	20	3
24	35	24	6,7	11	16	$9 \cdot 10^{-7}$	0,07	20	2
25	33	23	11	12	25	$3 \cdot 10^{-9}$	0,1	45	1
26	32	27	11,5	4,5	20	$2 \cdot 10^{-6}$	0,2	40	2
27	34	14	3	7,3	17	$3 \cdot 10^{-9}$	0,25	32	2
28	40	26	3,5	6,6	18	$4 \cdot 10^{-7}$	0,1	64	2
29	45	28	4	7,7	19	$6 \cdot 10^{-8}$	0,15	42	1
30	50	33	4,8	11	28	$6 \cdot 10^{-9}$	0,2	36	1

Решение задач

Задача 12.1. Уяснение сущности принятых единиц активности радионуклидов (см. табл. 12.1). В радиоизотопной лаборатории предприятия имеется m грамм радия-226. Какая активность этого радия в Ки и Бк?

Задача 12.2. Оценка соответствия массы радиоактивного вещества его уровню активности. Какая масса соответствует активности A_1 (цезия-137), A_2 (стронция-90), A_3 (плутония-239)? Использовать формулу

$$m = a_2 M A T^{1/2} = 2,8 \cdot 10^{-6} M A T^{1/2},$$

где $a_2 = 2,8 \cdot 10^{-6}$;

$T^{1/2}$: цезия-137 – 30 лет; стронция-90 – 29 лет; плутония-239 – 24 063 г.;

M – массовое число (суммарное количество протонов и нейтронов в ядре).

Задача 12.3. Пересчет поверхностной радиоактивности почв Беларуси в удельную активность. Пересчитать A_s из Ки/км² в Ки/кг и Бк/кг. Формула пересчета для почв Беларуси

$$A_m = 5 \cdot 10^{-3} \cdot A_s,$$

где A_s – Ки/км² или Бк/м².

Тогда

$$A_m = 5 \cdot 10^{-3} \cdot A_s \cdot 10^{-6}, \text{ Ки/кг.}$$

$$1 \text{ Ки/км}^2 = 10^{-6} \text{ Ки/м}^2$$

или
$$A_m = 5 \cdot 10^{-3} \cdot A_s \cdot 10^{-6} \cdot 3,7 \cdot 10^{10}, \text{ Бк/кг,}$$

учитывая, что $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$

Задача 12.4. Пересчет удельной радиоактивности почв Беларуси в поверхностную. Пересчитать A_m из Ки/кг в A_s Ки/км²:

$$A_s [\text{Ки/км}^2] = \frac{A_m [\text{Ки/кг}] \cdot 10^6}{5 \cdot 10^{-3}}, \text{ Ки/км}^2.$$

Задача 12.5. Оценка степени опасности для здоровья продуктов растениеводства, выращенных на радиоактивной почве. Местность загрязнена радионуклидами с активностью A_s , Ки/км². Оценить возможность использования овощей, выращенных на данной почве, если коэффициент перехода радионуклидов из почвы в овощи составляет K . Используют результаты решения задачи 12.3, которые умножаются на K и сравниваются с РДУ (для овощей допустимый уровень 100 Бк/кг). Предложить способ дезактивации (овощи надо очистить от земли и промыть в проточной воде, подробнее см. [13, с. 141]).

Задача 12.6. 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 ($A = A_0/2^{t/T}$) и табл. 12.3. Из формулы $A_s = A_{0s}/2^{t/T}$ определить величину t . Период полураспада $T_{1/2}$ цезия-137 – 30 лет.

Задача 12.7. Прогнозирование поверхностной радиоактивности почвы через заданное время (табл. 12.2). 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 $T_{1/2} = 24\,063$ г.

Таблица 12.2

Исходные данные для решения задач 12.7–12.9

Номер варианта	Задача 12.7		Задача 12.8		Задача 12.9	
	A_{0s} , Ки/км ²	t , лет	x , см	μ , см ⁻¹	x , см	μ , 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	1 000	0,2	0,257	30	0,129
4	1	5 000	0,2	0,194	40	0,129
5	2	5 000	0,3	0,439	10	0,0825
6	0,4	500	0,3	0,348	50	0,0825
7	0,2	3 000	0,3	0,257	20	0,0825
8	0,3	300	0,3	0,194	30	0,0825
9	0,6	3 000	0,4	0,348	40	0,0825
10	0,9	500	0,4	0,439	10	0,0738
11	0,7	2 000	0,4	0,157	20	0,0738
12	1,2	1 000	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	1 500	0,2	0,292	30	0,0543
18	3,5	3 500	0,5	0,292	40	0,0543
19	0,7	600	0,3	0,292	50	0,0543
20	1,5	1 500	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	2 000	0,4	0,427	40	0,113
24	1,7	2 500	0,5	0,427	50	0,113
25	0,5	1 000	0,7	0,348	10	0,0646
26	0,6	1 500	0,6	0,348	20	0,0646
27	2,5	2 500	0,6	0,439	30	0,0646
28	3	1 000	0,6	0,439	40	0,0646
29	4	2 000	0,6	0,257	50	0,0646
30	5	3 000	0,6	0,257	10	0,0473

Задача 12.8. Оценка возможности защиты людей от γ -излучения экраном из стекла. Во сколько раз ослабляет γ -излучение стекло, которое имеет толщину x , а линейный коэффициент ослабления γ -излучения равен μ , см^{-1} ? Надежно ли защищает стекло человека от γ -излучения? Величины μ приведены в табл. 12.2 для энергий γ -квантов в диапазоне от 1 до 6 МэВ, т. е. выбраны максимальные величины. Использовать для расчета следующую формулу:

$$K_{\text{осл}} = 2^{x/d},$$

где d – толщина слоя половинного ослабления; $d = 0,693/\mu$.

Задача 12.9. Оценка возможности защиты людей от γ -излучения в зданиях, построенных из кирпича. Во сколько раз ослабляется γ -излучение кирпичной кладкой толщиной x , если линейный коэффициент γ -излучения μ для силикатного и огнеупорного кирпича приведен в диапазоне от 1 до 6 МэВ. Использовать для расчета следующую формулу:

$$K_{\text{осл}} = 2^{x/d},$$

где d – толщина слоя половинного ослабления; $d = 0,693/\mu$.

Задача 12.10. Оценка возможности защиты людей от β -излучения экраном из стекла (табл. 12.3). Определить глубину проникновения β -частиц в стекле, если известна энергия β -частиц E_β и плотность среды $\rho_{\text{ср}}$ (стекла $\rho_{\text{ср}}$). Использовать соотношение

$$\frac{R_{\text{ср}}}{R_{\text{возд}}} = \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_{\text{ср}}}, \quad (12.1)$$

$$R_{\text{возд}} = 450E_\beta, \quad (12.2)$$

где $R_{\text{ср}}$ – длина пробега β -частиц в среде (в данной задаче – в стекле), см;

$R_{\text{возд}}$ – длина пробега β -частиц в воздухе, см;

$\rho_{\text{возд}}$ – плотность воздуха; $\rho_{\text{возд}} = 0,0013 \text{ г/см}^3$.

Таблица 12.3

Исходные данные для решения задач 12.10–12.12

Номер варианта	Задача 12.10		Задача 12.11		Задача 12.12		
	E_β , МэВ	ρ_c , г/см ³	E_β , МэВ	ρ_c , г/см ³	$X_{\text{дл}}$, сЗв	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 12.11. Оценка возможности защиты от β -излучения в зданиях, построенных из кирпича. Определить глубину проникновения β -излучения в кирпичной кладке, если известна энергия β -частиц E_β и плотность кирпича ρ_k .

Задача 12.12. Защита людей от γ -излучения временем облучения. Рассчитать безопасное время работы на расстоянии R от источника цезия-137 активностью A , мКи. Использовать соотношение

$$t_{\text{дв}} = \frac{X_{\text{дд}} R^2}{A\Gamma},$$

где $t_{\text{дв}}$ – допустимое время работы, ч;

$X_{\text{дд}}$ – допустимая экспозиционная (эквивалентная) доза, сЗв;

Γ – γ -постоянная; для цезия-137 равна 3,24 (Рсм²)/(ч мКи).

Задача 12.13. Защита от γ -облучения расстоянием (табл. 12.4). Рассчитать безопасное расстояние R работы с источником кобальта-60 с активностью A . Использовать соотношение

$$R^2 = \frac{A\Gamma t}{X_{\text{дд}}}.$$

где Γ – γ -постоянная для кобальта-60; равна 13,85 (Р·см²)/(ч мКи);

t – время работы за один год, ч.

Для определения R необходимо из правой части уравнения извлечь квадратный корень.

Таблицы 12.4

Исходные данные для решения задач 12.13 и 12.14

Номер варианта	Задача 12.13			Задача 12.14		
	A , мКи	t , ч	$X_{\text{дд}}$, сЗв	R , см	$X_{\text{дд}}$, сЗв	t , ч
1	2	3	4	5	6	7
1	5	250	2	300	5	8 000
2	12	500	5	180	2	1 700
3	15	200	2	200	5	3 000
4	10	600	5	150	2	1 700
5	9	400	2	130	5	4 000

1	2	3	4	5	6	7
6	2	700	5	100	2	5 500
7	12	2 000	2	20	5	1 000
8	10	250	5	160	2	1 500
9	8	280	2	90	5	4 000
10	15	260	5	30	2	550
11	7	2 000	2	150	5	3 500
12	2	3 000	5	90	2	1 250
13	5	600	2	40	5	600
14	10	1 000	5	100	2	3 000
15	10	1 600	2	130	5	2 000
16	11	2 000	5	160	2	1 600
17	2	3 000	2	80	5	1 000
18	4	600	5	70	2	600
19	4	1 200	2	150	5	3 000
20	10	3 500	5	150	2	2 000
21	1	550	2	50	5	250
22	3	4 000	5	60	2	280
23	4	1 500	2	40	5	250
24	2	1 000	5	200	2	2 000
25	3	5 500	2	30	5	700
26	6	4 300	5	80	2	450
27	8	7 000	2	100	5	600
28	20	3 000	5	70	2	200
29	12	1 600	2	60	5	460
30	16	8 000	5	50	2	250

Задача 12.14. Защита применением минимальной массы радионуклида. Рассчитать количество радиоизотопа радия-226, обеспечивающего безопасную работу с ним в течении года на расстоянии R . Использовать для расчета допустимой активности соотношение

$$A = \frac{X_{\text{дд}} R^2}{\Gamma t},$$

где $\Gamma = 9,03 \text{ (Р} \cdot \text{см}^2) / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$.

Для расчета допустимой массы использовать формулу

$$m = a_2 MAT_{1/2} = 7,56 \cdot 10^{-17} MAT_{1/2},$$

1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк; $T_{1/2}$ радия-226 – 1 600 лет.

Выводы

Номер задачи	Искомые величины	Результат
12.1	Активность, Ки	
	Активность, Бк	
12.2	Масса цезия-137 при 1 Ки	
	Масса стронция-90 при 1 Ки	
	Масса плутония-239 при 1 Ки	
	Масса цезия-137 при A_1 , г	
	Масса стронция-90 при A_2 , г	
	Масса плутония-239 при A_3 , г	
12.3	Удельная активность, Бк/кг	
	Удельная активность, Ки/кг	
12.4	Поверхностная активность, Ки/км ²	
12.5	Удельная активность овощей, Бк/кг	
	Предложения по выбору способа дезактивации овощей	
12.6	Уменьшится через t лет	
12.7	Поверхностная активность, Ки/км ²	
12.8	Ослабляется $K_{осл}$, раз	
	Надежно ли защищает стекло?	
12.9	Ослабляется $K_{осл}$, раз	
	Надежно ли защищает кирпичная кладка?	
12.10	Длина пробега β -частиц в стекле, см	
	Надежно ли защищает стекло?	
12.11	Длина пробега β -частиц в кирпичной кладке, см	
	Надежно ли защищает кирпичная кладка?	
12.12	Безопасное время работы, ч	
12.13	Безопасное расстояние, см	
12.14	Допустимая активность, Ки	
	Допустимая масса, г	

Практическое занятие № 13

ОЦЕНКА ДОЗ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА [15]

Цель работы:

- рассчитать дозы внешнего и внутреннего облучения человека;
- выбрать способы защиты при постоянном или временном проживании на радиоактивно загрязненной местности.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть работы по [13, с. 24–44].
2. Выбрать исходные данные своего варианта из табл. 13.1, который соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале учета занятий.

Таблица 13.1

Исходные данные для решения задачи 13.1

№ варианта	Γ , (Рсм ²) / (ч·мКи)	A , мКи	t , ч	R , см
1	2	3	4	5
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	2 000	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	2 000	150
12	13,85 (кобальт-60)	2	3 000	90
13	9,03 (радий-226)	5	600	40
14	13,85 (кобальт-60)	10	1 000	100
15	3,24 (цезий-137)	10	1 600	130
16	9,03 (радий-226)	11	2 000	160

Окончание табл. 13.1

1	2	3	4	5
17	13,85 (кобальт-60)	2	3 000	80
18	3,24 (цезий-137)	4	600	70
19	13,85 (кобальт-60)	4	1 200	150
20	9,03 (радий-226)	10	3 500	150
21	13,85 (кобальт-60)	1	550	50
22	3,24 (цезий-137)	3	4 000	60
23	13,85 (кобальт-60)	4	1 500	40
24	9,03 (радий-226)	2	1 000	200
25	3,24 (цезий-137)	3	5 500	30
26	9,03 (радий-226)	6	4 300	80
27	13,85 (кобальт-60)	8	7 000	100
28	3,24 (цезий-137)	20	3 000	70
29	13,85 (кобальт-60)	12	1 600	60
30	9,03 (радий-226)	16	8 000	50

Решение задач

Задача 13.1. Расчет доз внешнего фотонного излучения от точечного источника (см. табл. 13.1).

Мощность дозы фотонного излучения рассчитываем по формуле

$$\dot{X} = A \frac{\Gamma}{R^2}, \text{ Р/ч,}$$

где A – активность радионуклида в источнике, мКи;

Γ – γ -постоянная радионуклида;

R – расстояние источника до объекта.

Экспозиционную дозу определяем по формуле

$$X_{\text{в}} = tA \frac{\Gamma}{R^2}, \quad (13.1)$$

где t – время облучения в течение одного года (365 суток умноженные на 24 ч), ч.

Поглощенная доза в воздухе

$$D_{\text{в}} = 0,88X_{\text{в}}, \text{ сГр.}$$

Поглощенная доза в биологической ткани

$$D_{\text{в}} = 0,96X_{\text{в}}, \text{ сГр.}$$

Эквивалентная доза для фотонного излучения

$$H = 0,96X_{\text{в}}, \text{ сЗв.}$$

Задача 13.2. Расчет эквивалентных доз внешнего γ -облучения людей по измеренной начальной активности (табл. 13.2). Местность загрязнена ^{137}Cs с активностью $A_{0\text{s}}$. Какую дозу внешнего γ -излучения (H_{γ}) получит население, постоянно проживающее на этой территории в течение t лет? Считать, что люди постоянно находятся на открытой местности. Период полураспада ^{137}Cs – 30 лет. Использовать формулы:

$$X = \left(\frac{\dot{X}_{\text{н}}}{2} + \frac{\dot{X}_{\text{к}}}{2} \right) t,$$

где X – экспозиционная доза, мкР;

$\dot{X}_{\text{н}}$ – мощность экспозиционной дозы в начале облучения, мкР/ч;

$\dot{X}_{\text{к}}$ – мощность экспозиционной дозы в конце облучения, мкР/ч;

$$\dot{X}_{\text{н}} = 15A_{0\text{s}};$$

$$\dot{X}_{\text{к}} = \frac{15A_{0\text{s}}}{2^{t/T}},$$

$[A_{0\text{s}}] - \text{Ки/км}^2$.

При расчете величины X величина t преобразуется из лет в часы, а результат из мкР преобразуют в Р. Так как $1 \text{ Зв} = 114,5 \text{ Р}$, то эквивалентную дозу внешнего γ -облучения H_{γ} высчитывают по формуле

$$H_{\gamma} = 0,96X, \text{ сЗв.}$$

Таблица 13.2

Исходные данные для решения задач 13.2 и 13.3

№ вари- анта	Задача 13.2		Задача 13.3					Продукты питания
	A_{0s} , Ки/км ²	t , лет	V , л молока в сут	M , кг/сут	A_v , Бк/л	A_m , Бк/кг	B_{ig} , мЗв/Бк	
1	40	60	2	0,2	400	600	$1,410^{-5}$	Говядина
2	30	70	0,5	0,5	300	800	$1,410^{-5}$	Баранина
3	35	60	1	2,2	150	130	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
4	25	65	–	1,5	–	185	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Птица
5	20	70	0,2	0,2	550	150	$1,4 \cdot 10^{-5}$	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	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
9	22	60	1,5	1,7	170	185	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
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	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
17	38	65	2,2	1,25	122	85	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Картофель
18	28	50	–	1,33	–	110	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
19	26	50	0,56	0,85	140	120	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
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	$1,4 \cdot 10^{-5}$	Овоши
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: $B_{ig} = 1,4 \cdot 10^{-5}$ мЗв/Бк – для цезия-137; $B_{ig} = 3,5 \cdot 10^{-5}$ мЗв/Бк – для стронция-90.

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

Задача 13.3. Расчет эквивалентных доз внутреннего облучения с помощью дозовых коэффициентов (см. табл. 13.2). Величину годовой мощности эквивалентной дозы B_{ig} при поступлении радиоактивных веществ с водой, пищей и воздухом можно определить по формуле

$$\dot{H}_{ig} = B_{ig} A_v V + B_{ig} A_m M,$$

где A_v – объемная активность воздуха, воды или молока, Бк/м³;

A_m – удельная активность потребляемой пищи, Бк/кг;

V – объем вдыхаемого воздуха, потребляемой воды или молока за единицу времени, м³/год;

M – масса потребляемых продуктов питания, кг/год;

B_{ig} – дозовые коэффициенты, мЗв/Бк.

Эквивалентная доза внутреннего облучения рассчитывается по формуле

$$\dot{H}_{\text{внут}} = \dot{H}_{ig} t, \text{ Зв.} \quad (13.2)$$

В формуле (13.2) $t = 365$ суток, если величины V и M рассчитаны на сутки.

Задача 13.4. Расчет поглощенных доз внешнего и внутреннего облучения человека при длительном проживании на загрязненной радионуклидами территории (табл. 13.3). В задаче не учитываются время пребывания и коэффициент защищенности защитного сооружения, время пребывания и коэффициент защищенности при поездке в транспорте. Учтено только γ -излучение. При длительном проживании на радиоактивно загрязненной территории изотопами ^{137}Cs и ^{90}Sr , и учитывая, что их период полураспада примерно одинаков (30 лет), условно можно считать, что мощность дозы в течение года остается неизменной. Тогда мощность поглощенной дозы определяется по формуле

$$\dot{D}_0 = 0,2 \mu E A_{0s},$$

где μ – линейный коэффициент ослабления излучения воздухом, определяемый по табл. 13.4, 1/см;

E – энергия излучения (табл. 13.4), МэВ;

A_{0s} – уровень первоначального загрязнения после аварии на ЧАЭС, Ки/км².

Таблица 13.3

Данные для решения задачи 13.4

№ варианта	A_s , Ки/км ²	t_n , лет	t_k , лет	$t_{жд}$, ч	Кжд	$t_{пз}$, ч	$K_{пз}$	$t_{ом}$, ч
1	1	10	60		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

Таблица 13.4

Зависимость линейного коэффициента ослабления γ - и β -излучения воздухом от энергии излучения

Характеристики излучений	Виды излучения				
	β -излучение				γ -излучение
Энергия E , МэВ	0,51	0,52	0,55	2,27	0,66
μ , 1/см 10^{-4}	1,102	1,098	1,082	0,540	1,013

Поглощенную дозу внешнего облучения рассчитывают по формуле

$$D_{\text{вн}} = \left(T^{1/2} \frac{P_0}{K_{\text{сз}}} \cdot 0,693 \right) \left(2 - \frac{t_{\text{н}}}{T^{1/2}} - 2 - \frac{t_{\text{к}}}{T^{1/2}} \right),$$

где $t_{\text{н}}$ – время начала проживания на загрязненной территории с момента аварии на ЧАЭС, г;

$t_{\text{к}}$ – время окончания проживания, г.

P_0 – мощность поглощенной дозы, сГр/г;

$T^{1/2}$ – период полураспада;

$K_{\text{сз}}$ – коэффициент средней защищенности, который рассчитывается по формуле

$$K_{\text{сз}} = \frac{T_{\text{реж}}}{\left(\frac{t_{\text{с}}}{K_{\text{с}}} + \frac{t_{\text{п}}}{K_{\text{п}}} + \frac{t_{\text{д}}}{K_{\text{д}}} + t_{\text{м}} \right)},$$

где $T_{\text{реж}}$ – длительность соблюдения режима, ч;

$t_{\text{с}}$, $t_{\text{п}}$, $t_{\text{д}}$, $t_{\text{тр}}$, $t_{\text{м}}$ – продолжительность пребывания людей соответственно в защитных сооружениях, производственных зданиях, жилых домах, транспорте и на открытой местности, ч;

$K_{\text{с}}$, $K_{\text{п}}$, $K_{\text{д}}$, $K_{\text{тр}}$ – 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 $D_{\text{внут}}$ можно определить по формуле

$$D_{\text{внут}} = 0,15 \frac{A_{0s}}{5} (t_k - t_n).$$

При начальном уровне загрязнения почвы ^{137}Cs 185 кБк/м² и при проведении агротехнических мероприятий поглощенная доза внутреннего облучения в среднем составляет 0,15 сГр/г. При других начальных уровнях загрязнения доза пропорциональна $A_{0s}/5$. Суммарную дозу облучения определяют по формуле

$$D = \sum D_{BH} + D_{\text{внут}} \quad (15)$$

Сравниваем значение D с максимально допустимой эффективной дозой для населения $E_{\text{доп}} = 1$ мЗв в год (20 мЗв – для профессионалов). Если расчетная доза не превышает эту величину, то считается, что нормативы соблюдаются и дополнительные меры защиты не применяются. Если D превысит допустимую величину, то вносят коррективы в режим проживания людей на загрязненной территории. Можно, например, до минимума сократить время пребывания на открытой местности, предпринять технические или организационные меры по снижению уровня облучения населения (в отчете указать основные меры защиты).

Выводы

Номер задачи	Искомые величины	Результат
13.1	Мощность дозы, Р/ч	
	Экспозиционная доза, Р	
	Поглощенная доза в воздухе, сГр	
	Эквивалентная доза в биологической ткани, сЗв	
	Результаты сравнения с $H_{\text{доп}}$ для профессионалов	
	Предложения по радиационной защите	
13.2	Мощность экспозиционной дозы в начале облучения, мкР/ч	
	Мощность экспозиционной дозы чрез t , мкР/ч	

13.2	Экспозиционная доза за t лет, Р	
	Эквивалентная доза за t лет, мЗв	
	Степень лучевой болезни	
13.3	Годовая мощность эквивалентной дозы внутреннего облучения	
	Годовая эквивалентная доза внутреннего облучения	
	Суммарная эквивалентная доза внешнего и внутреннего облучения	
	Результаты сравнения с $H_{\text{доп}}$ для населения. Предложения по радиационной защите	
13.4	Мощность поглощенной дозы	
	Поглощенная доза внешнего облучения	
	Поглощенная доза внутреннего облучения	
	Суммарная поглощенная доза внутреннего и внешнего облучения	
	Предложения по радиационной защите	

Список использованной литературы

1. Морзак, Г. И. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность». Прогнозирование, оценка и предупреждение экологических чрезвычайных ситуаций : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / Г. И. Морзак, Т. А. Реут, Н. Ф. Макаревич. – Минск : БНТУ. 2006. – Ч. 2. – С. 40–58.

2. Ролевич, И. В. Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебное пособие : в 2 ч. / И. В. Ролевич [и др.]. – Минск : РИВШ, 2014. – Ч. 1. – 402 с.

3. Ролевич, И. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Комплекс мероприятий по защите населения и объектов в чрезвычайных ситуациях : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 4 ч. / И. В. Ролевич. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 4. – С. 88–115.

4. Пустовит, В. Т. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / В. Т. Пустовит, М. Ф. Карабанов. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 1. – С. 5–22.

5. Смирнова, Е. К. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Прогнозирование, оценка и предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций : Оценка устойчивости потенциально опасного объекта к воздействию воздушной ударной волны : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / Е. К. Смирнова. – Минск : БНТУ. – Ч. 1. – С. 54–64.

6. Дорожко, С. В. Прогнозирование и оценка опасности взрывов и пожаров на объектах : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / С. В. Дорожко, В. Т. Пустовит. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 1. – С. 22–40.

7. Пустовит, В. Т. Средства коллективной и индивидуальной защиты населения в чрезвычайных ситуациях : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 4 ч. / В. Т. Пустовит, Т. А. Тавгенъ. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 4. – С. 5–19.

8. Ролевич, И. В. Оказание первой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях техногенного характера : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 4 ч. / И. В. Ролевич. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 4. – С. 40–88.

9. Пустовит, В. Т. Демеркуризационные работы : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 4 ч. / В. Т. Пустовит. – Минск : БНТУ. – Ч. 4. – С. 115–133.

10. Пустовит, В. Т. Оценка ущерба от химических загрязнений в экологических чрезвычайных ситуациях : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / В. Т. Пустовит. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 2. – С. 5–25.

11. Смирнова, Е. К. Ликвидация чрезвычайной ситуации, вызванной аварией на нефтепроводе, и оценка ее последствий : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 2 ч. / Е. К. Смирнова, Н. Ф. Макаревич. – Минск : БНТУ, 2006. – Ч. 2. – С. 98–116.

12. Пустовит, В. Т. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки после аварии на АЭС : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 3 ч. / В. Т. Пустовит, Е. К. Смирнова. – Минск : БНТУ. – Ч. 3. – С. 6–28.

13. Ролевич, И. В. Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / И. В. Ролевич [и др.]. – Минск : РИВШ, 2014. – Ч. 2. – 188 с.

14. Бубнов, В. П. Оценка радиационной опасности и основных способов противорадиационной защиты : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 3 ч. / В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – Минск : БНТУ. – Ч. 3. – С. 28–45.

15. Пустовит, В. Т. Оценка доз внешнего и внутреннего радиационного облучения человека : учебно-методическое пособие к практическим занятиям : в 3 ч. / В. Т. Пустовит. – Минск : БНТУ. – Ч. 3. – С. 45–61.

Учебное издание

МОРЗАК Галина Иосифовна
РОЛЕВИЧ Игорь Викторович
ХОРЕВА Светлана Алексеевна
ЦУПРИК Людмила Николаевна

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
для студентов специальности 1-57 01 02
«Экологический менеджмент и аудит
в промышленности»

Редактор *Т. В. Грищенко*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 11.11.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 9,77. Уч.-изд. л. 7,64. Тираж 200. Заказ 244.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.