

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»

С. А. Горунова, С. Н. Лемачко, М. Ю. Скурат

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Электронный учебно-методический комплекс
для направлений образования: 39 «Радиоэлектронная техника»,
40 «Информатика и вычислительная техника»,
групп специальностей: 45 01 «Инфокоммуникационные технологии
и системы связи», 36 04 «Радиоэлектроника»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2024

Об издании – [1](#), [2](#)

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 614.8 (075.8)

Рекомендовано к изданию
советом механико-технологического факультета
в качестве электронного учебно-методического комплекса
(протокол № 13 от 29.06.2023 г.)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

кафедра промышленной безопасности университета гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь
(зав. каф., канд. техн. наук, доц. *В. А. БИРЮК*);
главный технический инспектор труда Витебского областного Совета
Белхимпрофсоюза *А. И. ЖИНЬ*

Горунова С. А.

Безопасность жизнедеятельности человека [Электронный ресурс] : электронный учеб.-метод. компл. для направлений образования: 39 «Радиоэлектронная техника», 40 «Информатика и вычислительная техника», групп специальностей: 45 01 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 36 04 «Радиоэлектроника» / С. А. Горунова, С. Н. Лемачко, М. Ю. Скурат. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т имени Евфросинии Полоцкой, 2024. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
ISBN 978-985-531-882-9.

Электронный учебно-методический комплекс предназначен для подготовки студентов по вопросам безопасности жизнедеятельности человека в чрезвычайных ситуациях. Будущий специалист должен овладеть знаниями по основам жизнедеятельности в окружающей нас техносфере, изучить характеристики опасных и вредных факторов среды обитания, физиологическое воздействие их на человека, основные принципы, средства и способы защиты от чрезвычайных ситуаций различного характера.

Данный учебно-методический комплекс адресуется студентам, обучающимся по направлениям образования: 39 «Радиоэлектронная техника», 40 «Информатика и вычислительная техника», групп специальностей: 45 01 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 36 04 «Радиоэлектроника»

№ госрегистрации _____

ISBN 978-985-531-882-9

© Горунова С. А., Лемачко С. Н., Скурат М. Ю. 2024
© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2024

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Безопасность жизнедеятельности человека» С. А. Горуновой, С. Н. Лемачко, М. Ю. Скурат использованы текстовый процессор Microsoft Office Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Редактор С. Е. Рясова

Подписано к использованию 08.07.2024.
Объем издания: 5,8 Мб. Заказ 157.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014, перерегистрация от 24.08.2022.

211440, Ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
Тема 1. Введение в учебную дисциплину «Безопасность жизнедеятельности человека»	10
1.1 Предмет, цель, задачи и структура содержания учебной дисциплины	10
1.2 Физиологические аспекты безопасности жизнедеятельности человека	12
1.3 Идентификация опасностей	14
1.4 Классификация чрезвычайных ситуаций	18
1.4.1 Классификация ЧС по характеру возникновения	19
1.4.2 Классификация ЧС по причинам возникновения	20
1.4.3 Классификация ЧС по скорости распространения	21
1.4.4 Классификация ЧС по масштабам распространения	21
Раздел 1 ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	24
Тема 2. Антропогенные и природные источники загрязнения атмосферы	24
2.1 Основные понятия	24
2.2 Строение и состав атмосферы, роль парникового эффекта и озонового слоя для биосферы	29
2.3 Виды и способы нормирования атмосферного загрязнения	31
2.4 Концепция углеродной нейтральности. Основные направления и мероприятия по защите воздушного бассейна.....	34
Тема 3. Особенности загрязнения водной среды и методы очистки сточных вод	37
3.1 Основные направления использования водных ресурсов в мире и в Республике Беларусь	37
3.1.1 Водные ресурсы РБ и их оценка	38
3.1.2 Основные направления использования водных ресурсов	39
3.2 Сущность проблемы дефицита пресной воды	41
3.3 Источники загрязнения гидросферы	42
3.4 Загрязнение вод мирового океана.....	45
3.5 Основные направления охраны водных ресурсов.....	47
3.5.1 Оптимизация водопотребления	47
3.5.2 Защита и восстановление водных экосистем	47
3.5.3 Профилактика загрязнения вод	48
3.5.4 Образование и информирование общественности	48
Тема 4. Экологические проблемы использования земельных и лесных ресурсов	49
4.1 Эколого-экономическое и санитарно-гигиеническое значение почвенных ресурсов	49
4.2 Экологические проблемы в области использования земельных ресурсов.....	50
4.3 Лесные ресурсы Республики Беларусь. Санитарно-гигиеническое значение лесных ресурсов	52
4.4 Особо охраняемые природные территории и их роль в сохранении биологического разнообразия Беларуси.....	54
4.5 Генная инженерия и возможные риски. Биоиндикация как метод определения степени загрязнения геофизических сред	55
4.5.1 Генная инженерия	55
4.5.2 Биоиндикация.....	56
Тема 5. Рациональное использование ресурсов недр	57
5.1 Классификация природных ресурсов	57
5.2 Минеральные ресурсы Республики Беларусь и их оценка	58

5.3 Причины и последствия энергетического кризиса в мире	59
5.3.1 Значение углеводов	59
5.3.2 Главная причина кризиса – мировое распределение энергии	60
5.3.3 Прочие причины кризиса энергии	61
5.4 Способы добычи и переработки нефти. Основные мировые транспортные потоки.....	61
5.4.1 Методы добычи нефти.....	62
5.4.2 Процессы переработки нефти.....	62
5.5 Крупнейшие техногенные катастрофы в местах добычи топливных ресурсов	64
Тема 6. Возобновляемые источники энергии и особенности их использования	68
6.1 Возобновляемая энергетика	68
6.1.1 Источники возобновляемой энергии	68
6.1.2 Меры поддержки возобновляемых источников энергии	72
6.2 Возобновляемые источники энергии в Республике Беларусь.....	73
Тема 7. Способы переработки и утилизации отходов	76
7.1 Отходы производства и потребления	76
7.2 Радиоактивное загрязнение почвы, растительного и животного мира.....	81
7.3 Транспортирование отходов	86
Тема 8. Глобальные и региональные экологические проблемы	89
8.1 Системный анализ глобальных экологических проблем	89
8.1.1 Загрязнение атмосферы.....	89
8.1.2 Парниковый эффект	91
8.1.3 Истощение озонового слоя.....	92
8.1.4 Кислотные дожди.....	93
8.1.5 Обезлесение планеты.....	94
8.1.6 Загрязнение природных вод.....	94
8.1.7 Загрязнение морской среды.....	95
8.2 Региональные экологические проблемы Республики Беларусь	96
Тема 9. Энергосберегающие системы жизнеобеспечения зданий и сооружений	97
Раздел 2 ОХРАНА ТРУДА	101
Тема 10. Основные разделы охраны труда. Правовые и организационные основы	101
10.1 Законодательство в области охраны труда.....	101
10.1.1 Государственная политика в области охраны труда	102
10.1.2 Государственное управление охраной труда.....	104
10.2 Правовые нормы в области охраны труда	105
10.3 Органы надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда	109
10.3.1 Полномочия Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь.....	110
10.3.2 Полномочия Департамента по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям (Госпромнадзор)	112
10.3.3 Основные задачи санитарно-эпидемической службы	113
10.3.4 Права органов государственного пожарного надзора	115
10.3.5 Общественный контроль за соблюдением законодательства об охране труда	116
10.4 Виды ответственности за несоблюдение требований по охране труда.....	117
10.5 Виды инструктажей по охране труда.....	119
10.6 Основные причины несчастных случаев на производстве	122
Тема 11. Производственная санитария и гигиена труда	125
11.1 Задачи гигиены труда и производственная санитария	125

11.2 Санитарно-гигиенические факторы условий труда	125
11.3 Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека	128
11.4 Нормирование и гигиеническая оценка загрязнения воздушной среды	131
11.5 Классификация вредных и опасных веществ и их воздействие на здоровье работника	132
11.6 Микроклимат производственных помещений, средства нормализации.....	141
11.7 Вентиляция и кондиционирование	145
Тема 12. Освещение производственных помещений. Производственный шум.	
Виды излучений и их воздействие на организм человека	146
12.1 Виды и характеристика производственного освещения.....	146
12.1.1 Естественное освещение	146
12.1.2 Искусственное освещение.....	147
12.1.3 Нормирование и оценка производственного освещения	150
12.2 Производственный шум. Классификация шума. Нормирование уровня шума	152
12.2.1 Понятие и основные характеристики производственного шума.....	152
12.2.2 Нормирование уровня шума	155
12.2.3 Неблагоприятные последствия и заболевания при воздействии шума	156
12.2.4 Средства и методы защиты от действия шума	158
12.3 Производственные излучения.....	162
12.4 Опасные и вредные факторы при работе на персональном компьютере.....	164
12.5 Оказание первой доврачебной помощи.....	169
12.5.1 Вывих	169
12.5.2 Кровотечение	170
12.5.3 Раны.....	173
12.5.4 Растяжение	174
12.5.5 Искусственное дыхание	174
12.5.6 Массаж сердца.....	174
12.5.7 Отравление людей аварийно химически опасными веществами	175
12.5.8 Химические ожоги.....	176
12.5.9 Радиационное поражение	177
12.5.10 Лучевые ожоги	178
12.5.11 Электротравмы	178
12.5.12 Термические ожоги.....	179
12.5.13 Помощь в различных случаях.....	179
Тема 13. Основы пожарной безопасности. Электробезопасность.....	181
13.1 Пожарная безопасность.....	181
13.1.1 Пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов.....	183
13.1.2 Способы тушения пожара.....	185
13.2 Электробезопасность.....	190
13.2.1 Действие электрического тока на организм человека	191
13.2.2 Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током	193
13.2.3 Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током	199
13.2.4 Средства защиты, применяемые в электроустановках.....	203
Раздел 3 ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.	
РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ.....	205
Тема 14. Физическая природа источников радиационной опасности.	
Воздействие ионизирующих излучений на организм человека.....	205
14.1 Радиоактивность.....	205
14.1.1 Неблагоприятное воздействие радона на здоровье	206

14.1.2 Радиоактивность.....	207
14.1.3 Виды радиоактивного распада.....	208
14.2 Базовые, нормируемые и рабочие величины в радиационной безопасности.....	210
14.2.1 Активность радионуклидов и ее единицы измерения	211
14.2.2 Нормируемые дозиметрические величины	214
14.3 Биологическое действие ионизирующих излучений. Радиочувствительность тканей, органов, организма	217
14.3.1 Действие ионизирующих излучений на клетку	217
14.3.2 Радиочувствительность тканей, органов, организма	218
14.3.3 Действие больших доз радиации. Лучевая болезнь.....	219
14.3.4 Действие малых доз радиации	221
14.3.5 Основные пределы доз облучения.....	221
Тема 15. Ядерная энергетика: проблемы и перспективы развития.	
Радиационная безопасность	222
15.1 Ядерная энергетика	222
15.1.1 Деление тяжелых ядер	222
15.1.2 Ядерный реактор.....	222
15.2 Катастрофа на Чернобыльской АЭС.....	224
15.2.1 Схематическое устройство ЧАЭС.....	224
15.2.2 Причины и развитие аварии.....	225
15.2.3 Непосредственные последствия аварии. Состояние остановленного реактора.....	226
Тема 16. Основные способы защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций	230
16.1 Основные принципы и способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях.....	230
16.2 Организация укрытия населения в защитных сооружениях	231
16.2.1 Классификация защитных сооружений.....	231
16.2.2 Требования к защитным свойствам убежищ и ПРУ.....	232
16.3 Организация и проведение эвакуационных мероприятий	233
16.4 Применение средств индивидуальной защиты и средств биологической и медицинской защиты.....	236
16.4.1 Классификация средств индивидуальной защиты (СИЗ).....	236
16.4.2 Средства защиты органов дыхания.....	237
16.4.3 Средства биологической и медицинской защиты	238
16.5 Организация медико-санитарного обеспечения при террористических актах с использованием опасных химических и отравляющих веществ	239
16.5.1 Террористические взрывы.....	239
16.5.2 Организация и особенности оказания экстренной медицинской помощи.....	241
16.5.3 Организация медико-санитарного обеспечения при террористических актах с использованием опасных химических и отравляющих веществ	241
16.6 Мероприятия по радиационной защите	244
16.6.1 Противолучевые защитные мероприятия.....	244
16.6.2 Дегазация, виды, методы проведения	246
16.6.3 Защита от излучений.....	247
16.7 Общий порядок реагирования на радиологические чрезвычайные ситуации	248
16.8 Борьба с пандемией.....	249
Тема 17. Защита населения от вредного влияния окружающей среды	250
17.1 Организация проведения йодной профилактики	250
17.2 Степень накопления радионуклидов в продуктах питания растительного происхождения. Антидоты. Радиопротекторы.....	251
17.3 Витаминизация как способ сохранения здоровья человека	253

Раздел 4 ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	256
Практическая работа № 1 Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы, водоемов и территорий твердыми отходами	256
Практическая работа № 2 Определение зон рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере	260
Практическая работа № 3 Подсчет убытков, причиненных государству при залповом и установившемся сбросах нефтепродуктов в водный объект	264
Практическая работа № 4 Оказание первой медицинской помощи.....	272
Практическая работа № 5 Расчет искусственного освещения	276
Практическая работа № 6 Решение задач по прогнозированию и оценке радиационной обстановки при аварии на атомной электростанции.....	282
Практическая работа № 7 Оценка химической обстановки при авариях на химически опасных объектах	287
Практическая работа № 8 Определения химической обстановки при аварии на химически опасном объекте с выливом нескольких видов СДЯВ.....	292
Практическая работа № 9 Расчет защиты от ионизирующего излучения.....	299
Раздел 5 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	307
Лабораторная работа № 1 Исследование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений	307
Лабораторная работа № 2 Исследование интенсивности теплового излучения	310
Лабораторная работа № 3 Исследование запыленности воздуха.....	315
Лабораторная работа № 4 Исследование производственного шума	320
Лабораторная работа № 5 Исследование сопротивления заземляющего устройства	324
Лабораторная работа № 6 Исследование сопротивления изоляции электрических сетей.....	326
Лабораторная работа № 7 Определение температуры вспышки горючих жидкостей	334
Лабораторная работа № 8 Исследование интенсивности ультрафиолетового излучения	337
Раздел 6 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	341
Организация, проведение и оценка результатов учебной деятельности студентов	341
Контрольные вопросы по усвоению интегральной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека».....	342
ЛИТЕРАТУРА.....	346

ВВЕДЕНИЕ

Электронный учебно-методический комплекс составлен на основе типовой учебной программы для высших учебных заведений «Безопасность жизнедеятельности человека» (регистрационный № ТД-І.1577/тип. от 03.06.2022) и предназначен для студентов факультета информационных технологий и факультета компьютерных наук и электроники.

Учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека» направлена на комплексное изучение обеспечения безопасных условий жизнедеятельности и минимизацию последствий от воздействия вредных и опасных факторов окружающей среды.

Изучение данной учебной дисциплины позволит обучающимся приобрести навыки эффективного решения задач в области безопасности жизнедеятельности, сформировать культуру безопасности жизнедеятельности будущих специалистов, основанную на системе социальных норм, ценностей и установок, обеспечивающих сохранение их жизни, здоровья и работоспособности в условиях постоянного взаимодействия со средой обитания.

В ЭУМК представлены условия реализации учебной дисциплины; требования к минимальному материально-техническому обеспечению, в том числе информационно-коммуникационному. Список литературы содержит информацию о печатных и электронных изданиях основной и дополнительной учебной литературы.

Содержание ЭУМК соответствует уровню развития науки, техники и производства. Каждое задание имеет в своем составе элементы как пройденного, так и нового для студента материала, что очень эффективно для приобретения устойчивых умений и навыков в области безопасности жизнедеятельности.

Тема 1. Введение в учебную дисциплину «Безопасность жизнедеятельности человека»

1.1 Предмет, цель, задачи и структура содержания учебной дисциплины

Безопасность жизнедеятельности – наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой.

Основная цель безопасности жизнедеятельности человека (БЖЧ) как науки – защита человека от негативных воздействий техносферы антропогенного и естественного происхождения и достижение комфортных условий жизни и деятельности.

Цель учебной дисциплины: формирование культуры безопасности жизнедеятельности будущих специалистов, основанной на системе социальных норм, ценностей и установок, обеспечивающих сохранение их жизни, здоровья и работоспособности в условиях постоянного взаимодействия со средой обитания.

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности человека» включает изучение следующих дисциплин.

Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций: предметом изучения дисциплины является система знаний о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, их источниках, причинах возникновения, опасных факторах и их воздействии на жизнь и здоровье людей, объекты народного хозяйства и природную среду, а также средства и способы защиты от чрезвычайных ситуаций и опасностей, возникающих при ведении боевых действий или последствий этих действий.

Радиационная безопасность: предметом изучения дисциплины является система знаний о мероприятиях по охране здоровья человека, общества и популяции в целом от вредного воздействия ионизирующих излучений.

Основы экологии: предметом изучения дисциплины является система взаимодействия человека с окружающей средой.

Основы энергосбережения: предметом изучения дисциплины является система знаний и умений эффективного использования топливно-энергетических ресурсов.

Охрана труда: предметом изучения дисциплины является система безопасности человека при взаимодействии с производственной средой ради сохранения здоровья, жизни и работоспособности.

Актуальность изучения дисциплины заключается в усвоении способов и правил сохранения здоровья и жизни в условиях чрезвычайных ситуаций, в ходе трудовой деятельности, в установлении взаимодействия человека с окружающей средой, умении эффективно использовать топливно-энергетические ресурсы, что обеспечивает конституционное право каждого человека на жизнь, охрану здоровья и компенсацию ущерба в результате техногенных аварий и катастроф, экологических правонарушений, стихийных бедствий и в конечном счете – реализацию политики устойчивого социально-экономического развития страны.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование необходимой теоретической базы в области безопасности жизнедеятельности;
- ознакомление с понятийным аппаратом и терминологией в области безопасности жизнедеятельности;
- воспитание мировоззрения и культуры безопасного поведения и деятельности в различных условиях;
- формирование базы знаний по правовым, нормативно-техническим и организационным основам безопасности жизнедеятельности;
- обучение методам исследования и анализа факторов, определяющих специфику взаимодействия человека с окружающей средой, а также поведения человека в условиях производственной деятельности;
- обучение применению на практике знаний и умений, полученных при изучении учебной дисциплины;
- формирование научного мышления.

В результате изучения учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» формируется следующая *базовая профессиональная компетенция*: умение применять методы защиты производственного персонала и населения от воздействия негативных факторов антропогенного, техногенного, естественного происхождения, принципы рационального природопользования и энергосбережения, обеспечивать здоровые и безопасные условия труда.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- теоретические и методологические основы безопасности жизнедеятельности;
- правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности в области охраны труда, пожарной, радиационной безопасности и защиты населения от чрезвычайных ситуаций;
- методы исследования и анализа факторов, определяющих специфику взаимодействия человека с окружающей средой и его поведения в условиях производственной деятельности;
- чрезвычайные ситуации, их классификацию и возможные последствия для жизни и здоровья людей и природной среды;
- естественные и техногенные источники опасности;
- основные принципы и способы защиты от чрезвычайных ситуаций различного характера и их последствий;
- порядок применения средств индивидуальной и коллективной защиты, первичных средств пожаротушения;
- приоритетные направления охраны окружающей среды, энергосбережения и принципы использования альтернативных источников энергии;
- основные экологические проблемы на современном этапе и особенности их проявления на локальном, региональном и международном уровнях;

уметь:

- осуществлять организационные и технические мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности в производственной, бытовой, социальной и природной среде обитания;

- распознавать источники опасности и предпринимать меры по спасению собственной жизни;
- использовать средства индивидуальной и коллективной защиты, технические средства противопожарной защиты;
- оказывать первую помощь пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, при несчастных случаях на производстве и в быту до прибытия скорой медицинской помощи;
- содействовать внедрению энергосберегающих технологий и принимать грамотные решения по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов;

владеть:

- методами исследования и анализа факторов, определяющих специфику взаимодействия человека с окружающей средой и его поведения в условиях производственной деятельности;
- навыками правильного поведения в чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера;
- навыками защиты от вредных и опасных производственных факторов;
- навыками поиска и анализа информации по вопросам экологической, радиационной, пожарной безопасности;
- навыками в оказании первой доврачебной помощи с использованием подручных средств пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, при несчастных случаях на производстве и в быту при наличии угрозы для их жизни до прибытия скорой медицинской помощи.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Безопасность жизнедеятельности человека» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

1.2 Физиологические аспекты безопасности жизнедеятельности человека

Безопасность является одной из главных потребностей человека. Потребности человека являются причинами его активной жизнедеятельности. В соответствии с теорией А. Маслоу они находятся между собой в иерархической связи. При этом потребности более высокого уровня возникают после удовлетворения потребностей низших уровней.

Следует заметить, что после удовлетворения физиологических потребностей удовлетворение потребностей более высокого уровня возможно только после обеспечения безопасности. Более того, многие высшие потребности человека отчасти и вызваны стремлением к повышению уровня своей безопасности. В сообществе человек чувствует себя безопаснее. Потребность в уважении

и признании служит основанием для того, чтобы интересы сообщества стали личными интересами, что в конечном итоге тоже служит повышению безопасности большинства членов сообщества. Механизмом преобразования интересов сообщества в личные интересы (через потребность в уважении) служит мнение окружающих, традиции и обычаи, мораль и законы. Следующей потребностью является развитие, а оно дает в руки человека всё более эффективные средства и методы обеспечения безопасности. Наконец, эстетические потребности, духовное развитие личности позволяют формировать в сознании высшие общественные ценности, в том числе ценность человеческой жизни. Таким образом, все потребности более высокого уровня вырастают и невозможны без удовлетворения потребности в безопасности. Одновременно они и служат ей. Все сферы разумной жизнедеятельности человека в конечном итоге имеют целью обеспечение развития и повышение уровня безопасности человека. Ни одна социальная, техническая или природная система не может выжить и развиваться без наличия в них элементов и систем безопасности. Система безопасности включает в себя элементы организации защиты человека, средства защиты, культуру безопасного поведения, знания закономерностей среды и опасных факторов, умение человека предвидеть, выявлять и правильно оценивать эти факторы и адекватно реагировать на них. Только при одновременном учете всех этих элементов можно говорить о создании (проектировании) действенной системы комплексной безопасности.

Можно выделить обеспечение индивидуальной безопасности личности, которое включает профилактику попадания данной личности в опасные ситуации, формирование средств индивидуальной защиты и навыков безопасного поведения. И более масштабное – обеспечение коллективной безопасности, предполагающее создание защищенного пространства, средств и условий для спокойной и максимально комфортной жизнедеятельности множества людей. Как индивидуальная, так и коллективная безопасность могут быть обеспечены только при безопасности национальной – государства, т. е. его территориальной целостности, независимости, соблюдении конституционных прав и свобод личности. Обеспечение безопасности в системе образования зависит не только от оснащенности объектов образования самыми современными техникой и оборудованием, но и прежде всего от человеческого фактора, т. е. от профессионализма персонала, от грамотности и компетентности людей, отвечающих за безопасность образовательных учреждений и учебного процесса, от слаженности их совместной работы с администрацией и педагогами, от подготовленности обучающихся и работников образовательного учреждения к действиям в чрезвычайных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рассматриваются взаимоотношения, которые складываются между человеком и средой обитания: те отношения, что обеспечивают безопасность жизнедеятельности индивидуума и человеческого общества в целом [15].

Взаимоотношения составных компонентов системы «Человек – окружающая среда» являются функциональными: очень тесными, подвижными, постоянно меняющимися и целесообразными. А поскольку и организма человека, и многие

элементы окружающей среды представляют собой область жизни (то есть являются живыми), то функциональные контакты между ними, по сути, являются физиологическими. Ведь физиология – наука, изучающая функции, процессы и явления, протекающие в живом организме и обеспечивающие целостность организма, его нормальное взаимодействие с окружающей средой. Применительно к организму человека это – не что иное, как основы безопасности жизнедеятельности.

Физиологические основы

Основной вопрос физиологии – «Почему?». Почему течет кровь? Почему вдыхается и выдыхается воздух из окружающей среды? Почему человек умеет чувствовать, мыслить, думать? Вот и наша с Вами задача – научиться думать и осмысленно найти ответ вопрос: «Почему человек до сих пор еще находится на той стадии развития, при которой безопасность его жизнедеятельности (заложенная в нем самой природой!) так часто нарушается, дает брешь, а иногда приводит к бедам, несчастьям, катастрофам и даже – к гибели?».

Потому что человек, к сожалению, не всегда пользуется разумом, либо переоценивает его значение. Рассудочная деятельность, интеллект, отличающий нас от братьев наших меньших, дан для того, чтобы им пользоваться и одновременно его развивать. Ибо в развитии мы приобретаем и безопасность [13].

1.3 Идентификация опасностей

Опасность – это явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в определенных условиях причинить ущерб здоровью человека, разрушительно действовать на определенную среду (природную, социальную, производственную и т. д.). Различают опасности *естественного* и *антропогенного происхождения*.

Естественные опасности обусловлены стихийными явлениями, климатическими условиями, рельефом местности и т. п.

Человек непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных загрязняющих веществ и т. п.), генерируя в среде обитания антропогенные опасности. Антропогенные опасности, создаваемые техническими средствами, называют *техногенными*. Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных опасностей – вредных и травмирующих факторов, отрицательно воздействующих на человека и окружающую его среду.

Опасность является сложным понятием, которое имеет много признаков. Чтобы лучше понять природу опасностей и противостоять им, необходимо осуществить систематизацию и классификацию опасностей – этим и занимается *таксономия*.

Таксономия (от греч. – классификация) – наука о классификации и систематизации сложных явлений, понятий, объектов.

Идентификация опасностей – процесс выявления и установления количественных, временных, пространственных и других характеристик, необходимых

и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности.

Главным в идентификации является установление возможных причин появления опасности. Полностью идентифицировать опасность очень сложно. Например, причины некоторых аварий и катастроф остаются невыясненными долгие годы или вообще никогда.

Можно говорить о разной степени идентификации: более или менее полной, приближенной, ориентировочной и т. д.

В процессе идентификации определяются: номенклатура опасностей, вероятность их появления, пространственная локализация (координаты), возможный убыток и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Номенклатура опасностей – система названий, терминов, применяемых в какой-либо области науки и техники.

В теории БЖЧ целесообразно выделить несколько уровней номенклатуры: общую, локальную, отраслевую, местную (для отдельных объектов) и др.

К общей номенклатуре относят все виды опасностей: аномальную температуру воздуха, взрыв, вибрацию, вращающиеся части машин, движущиеся предметы и т. д.

Во время выполнения конкретных исследований составляется номенклатура опасностей для отдельных объектов (производств, цехов, рабочих мест, процессов, профессий и т. п.). Такая номенклатура включает полный перечень потенциальных опасностей, облегчающий процесс их идентификации.

Квантификация опасностей – введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий.

Квантификация осуществляется в виде числовых и балльных показателей, например: классы опасностей веществ (4 класса), шкала землетрясений MSK-64 (12 баллов) и Рихтера (9 баллов).

Совершенная, полная таксономия опасностей пока не разработана, но использование ее даже в неполном объеме дает возможность применить научный подход в организации безопасной жизнедеятельности людей.

Приведем классификацию таксономии опасностей по следующим признакам:

1. *По природе происхождения* различают опасности *природные* (возникающие при изменении погодных условий или при возникновении стихийных бедствий в биосфере, таких как наводнения, землетрясения и др.), *техногенные* (создающиеся техническими средствами, выбросами производств и др.) и *антропогенные* (возникающие в результате ошибочных и несанкционированных действий человека или группы людей).

2. *По моменту возникновения* – прогнозируемые и спонтанные.

3. *По времени выявления негативных последствий* опасности разделяют на импульсивные и кумулятивные.

4. *По вероятности и степени воздействия на среду обитания* опасности условно разделяют на *потенциальные, реальные и реализованные*.

Потенциальная опасность представляет собой угрозу общего характера, не связанную с пространством и временем действия.

Реальная опасность всегда связана с конкретной угрозой влияния на объект защиты (человека). Она координирована в пространстве и во времени.

Реализованная опасность характеризуется фактическим влиянием реальной опасности на человека и (или) среду обитания, которое привело к потере здоровья или смерти человека, к материальному ущербу.

В свою очередь реализованные опасности условно разделяют на *происшествия, чрезвычайные происшествия, аварии, катастрофы, стихийные бедствия и чрезвычайные ситуации*.

Происшествие – событие, которое заключается в негативном воздействии с причинением убытка человеческим, природным и материальным ресурсам.

Авария – опасное событие техногенного характера, вызвавшее поражение, травмирование населения; или создающее на отдельной территории или территории субъекта хозяйствования угрозу жизни или здоровью населения; или приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса; или вызывающее сверхнормативные, аварийные выбросы загрязняющих веществ; или другое вредное влияние на окружающую природную среду.

Катастрофа – большая авария или другое событие, приводящее к тяжелым, трагическим последствиям и сопровождающееся гибелью или потерей здоровья людей.

Стихийное бедствие – природное явление, действующее с большой разрушительной силой, причиняющее значительный вред территории, на которой происходит, нарушающее нормальную жизнедеятельность населения и наносящее материальный ущерб.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на отдельной территории или субъекте хозяйствования, или водном объекте, характеризующаяся нарушением нормальных условий жизнедеятельности населения, вызванная катастрофой, аварией, пожаром, стихийным бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, применением средств поражения или другим опасным событием, которая привела (может привести) к возникновению угрозы жизни или здоровью населения, большому количеству погибших и пострадавших, которая может нанести значительный материальный ущерб, а также привести к невозможности проживания населения на этой территории или ведению хозяйственной деятельности на объекте.

5. *По способности человека идентифицировать опасность органами чувств – осязаемые и неосязаемые.*

Понятие «*источник опасности*» – это компоненты биосферы и техносферы, космическое пространство, социальные и иные системы, излучающие *опасность*. Для каждого источника опасности характерно наличие *уровня, зоны и продолжительности действия*. Для описания источника опасности с позиций его негативного влияния на человека и природу используют *величину материальных отходов (выбросов, сбросов и отбросов), интенсивность энергетических излучений и его вероятность воздействия (риск)*.

Риск – это частота реализации опасности, которая может быть определена по формуле

$$R = n / N,$$

где n – число тех или иных неблагоприятных последствий;

N – возможное число неблагоприятных последствий за определенный период.

Различают *индивидуальный* и *коллективный риск*.

Индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида для отдельного индивидуума.

Коллективный (социальный, групповой) – это риск для группы людей.

Процедура определения риска весьма приблизительна. Различают 4 методологических подхода к определению риска:

– *инженерный*, опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности;

– *модельный*, основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы и т. п.;

– *экспертный*, когда вероятность различных событий определяется на основе опроса опытных специалистов, т. е. экспертов;

– *социологический*, основанный на опросе населения.

Традиционная техника безопасности базируется на категорическом императиве – обеспечить 100 % безопасность. Как показывает практика, такая концепция неадекватна законам техносферы. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей, потому что обеспечить абсолютную безопасность в действующих системах невозможно. Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой в стремлении к такой малой опасности, которую приемлет общество в данный период времени.

Приемлемый риск – это такая минимальная величина риска, которая достижима по техническим, экономическим и технологическим возможностям.

Таким образом, приемлемый риск представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Экономические возможности повышения безопасности технических систем и снижения величины приемлемого риска ограничены. Затрачивая большие финансовые средства на повышение безопасности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере производства, уменьшая соответственно средства, выделяемые на приобретение спецодежды, медицинское обслуживание, заработную плату и т. д. Уровень приемлемого риска определяется в результате учета всех обстоятельств – технических, технологических, социальных и рассчитывается в результате оптимизации затрат на инвестиции в техническую и социальную сферу производства.

Величина приемлемого риска зависит от вида отрасли производства, профессии, вида негативного фактора, которым он определяется. Для потенциально опасных отраслей производства (например, угольной промышленности), опасных профессий (например, горноспасателей, пожарных и т. д.) величина приемлемого

риска выше, нежели для отраслей и профессий, где количество опасных факторов меньше и уровень вредных факторов ниже.

В настоящее время принято считать, что для действия техногенных опасностей в целом индивидуальный риск считается приемлемым, если его величина не превышает 1×10^{-6} . Эта величина используется для оценки пожарной и радиационной безопасности. Величина приемлемого риска 1×10^{-6} означает, что гибель одного человека на миллион людей считается допустимой. Это примерно соответствует риску гибели людей от природных опасностей. Во многих странах эта величина закреплена в законодательном порядке.

В случае производственных аварий, пожаров для спасения людей и материальных ценностей человеку приходится идти на риск, превышающий приемлемый. В этом случае риск считается *обоснованным*, или *мотивированным*. Для ряда опасных факторов (например, возникающих в случае радиационных аварий) установлены величины мотивированного риска, превышающие приемлемый риск.

Немотивированный риск – это риск, превышающий приемлемый и возникающий в результате нежелания работников на производстве соблюдать требования безопасности, использовать средства защиты и т. д. [20].

1.4 Классификация чрезвычайных ситуаций

Стадии развития чрезвычайных ситуаций:

– *зарождение* – возникновение условий или предпосылок для чрезвычайной ситуации. Установить момент начала стадии зарождения трудно. При этом возможно использование статистики конструкторских отказов и сбоев, анализируются данные сейсмических наблюдений, метеорологические оценки и т. п.;

– *иницирование* – начало чрезвычайной ситуации. На этой стадии важен человеческий фактор, поскольку статистика свидетельствует, что до 70 % техногенных аварий и катастроф происходит вследствие ошибок персонала. Более 80 % авиакатастроф и катастроф на море связаны с человеческим фактором. Для снижения этих показателей необходима более качественная подготовка персонала;

– *кульминация* – стадия высвобождения энергии или вещества. На этой стадии отмечается наибольшее негативное воздействие на человека и окружающую среду вредных и опасных факторов чрезвычайной ситуации. Одной из особенностей этой стадии является взрывной характер разрушительного воздействия, вовлечение в процесс токсичных, энергонасыщенных и других компонентов;

– *затухание* – локализация чрезвычайной ситуации и ликвидация ее прямых и косвенных последствий. Продолжительность данной стадии различна: возможны дни, месяцы, годы и десятилетия.

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по множеству признаков (рисунок 1.1).

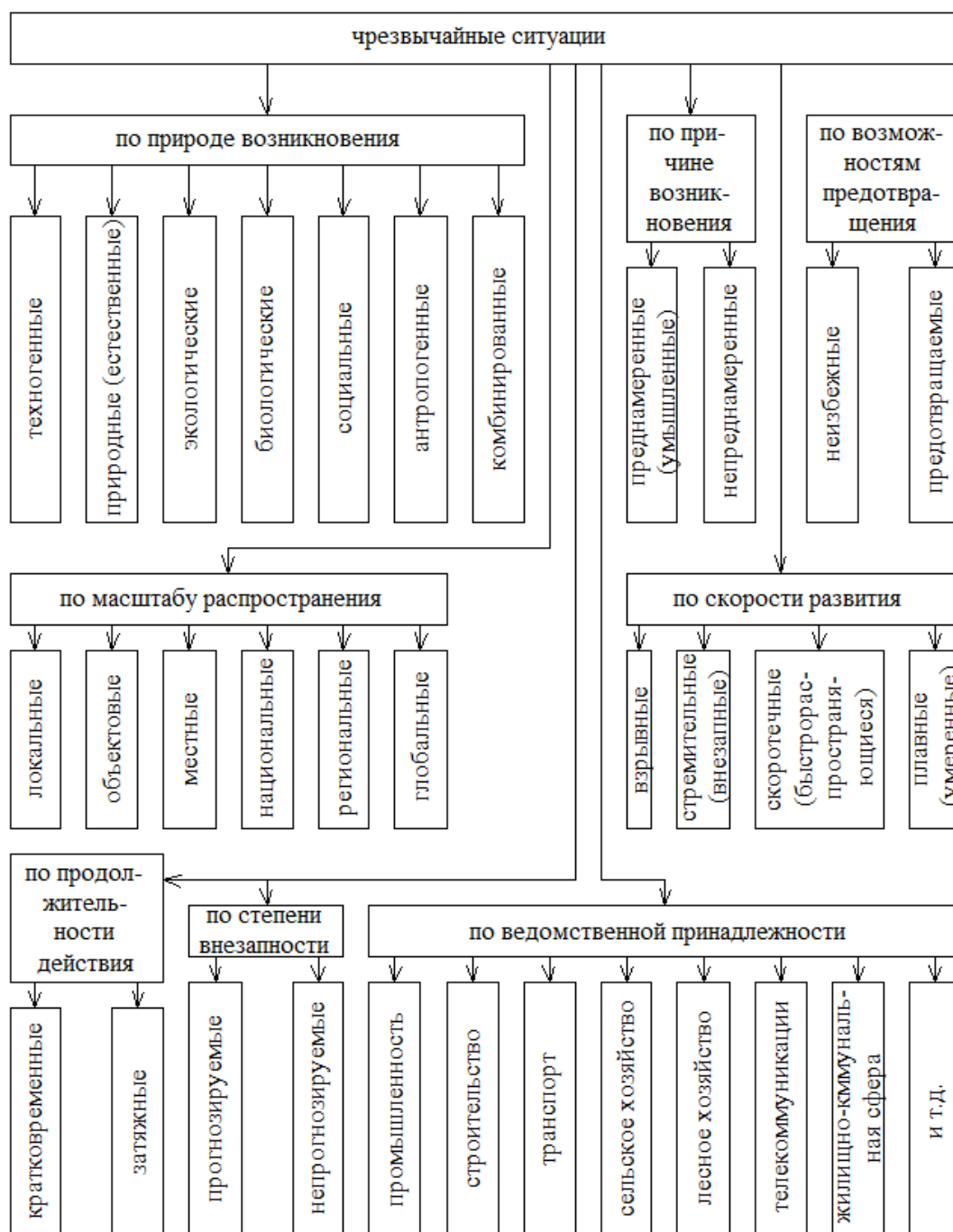


Рисунок 1.1. – Классификация чрезвычайных ситуаций

Наиболее распространенными являются классификации по характеру возникновения, причинам возникновения, скорости и масштабам распространения.

1.4.1 Классификация ЧС по характеру возникновения

1. Техногенные ЧС:

– аварии на АЭС, ядерных установках, химически опасных объектах, в учреждениях, связанных с работой с биологическими средствами, с выбросом вредных продуктов их деятельности;

- аварии на авиационном, железнодорожном, автомобильном, трубопроводном, водном транспорте, сопровождающиеся разрушениями и загрязнениями;
- аварии на очистных сооружениях, гидросистемах (прорыв дамб, плотин и т. д.), внезапное обрушение зданий;
- аварии на электросистемах, коммунальных системах жизнеобеспечения;
- пожары, взрывы, возникшие на пожаровзрывоопасных объектах.

2. Природные ЧС:

- геофизически опасные явления (землетрясения, извержение вулканов и т. д.);
- геологически опасные явления (просадка земной поверхности, оползни, обвалы);
- метеорологически опасные явления:
 - а) дождь, если количество осадков 50 мм и более в течение 12 часов и менее или суммарно 150 мм и более в течение 2–3 суток;
 - б) сильный снегопад, если количество осадков 20 см и более за 12 часов и менее;
 - в) крупный град (диаметр градин 20 мм и более);
 - г) сильная метель, если в течение 12 часов и более преобладающая скорость ветра 15 м/с и более с выпадением снега;
 - д) сильный мороз, если температура воздуха достигает -38°C и ниже;
 - е) сильная жара, если температура воздуха достигает $+38^{\circ}\text{C}$ и выше;
 - ж) заморозки, если температура 0°C и ниже в июне – августе, приводящие к гибели сельскохозяйственной продукции не менее чем на 1/3 территории административного района;
 - з) засуха, приведшая к снижению урожая или его гибели не менее чем на 1/3 территории административного района;
 - и) ветры ураганной силы, смерчи большого диаметра;
- гидрологические явления (наводнения, затопление);
- природные пожары (лесные, торфяные, полевые);
- явления космического происхождения (падение метеоритов, излучения большой интенсивности);
- биологические ЧС – массовые инфекционные заболевания людей, животных, растений, нашествия насекомых (саранчи, колорадского жука);
- экологические ЧС – изменение состояния суши (загрязнение пестицидами, перенасыщение минеральными удобрениями, эрозия почвы), атмосферы (перенасыщение вредными веществами в газообразном и аэрозольном состоянии, изменение состава, толщины озонового слоя), гидросферы (загрязнение водных объектов вредными веществами).

1.4.2 Классификация ЧС по причинам возникновения

1. Проектные – возникающие вследствие небрежной геологической разведки, ошибки в оценке уровня подъема воды на водных объектах, неправильного расчета нагрузок, выбора материалов и т. п.

2. Производственные – вызванные отклонениями в технологии возведения объектов, заменой предусмотренных проектом материалов, некачественной сборкой элементов объекта и т. п.

3. Эксплуатационные – из-за нарушения режимов эксплуатации, требований планово-предупредительной системы обслуживания и т. п.

4. Погодные – связанные с продолжительными дождями, морозами, ветрами ураганной силы и т. п.

5. Геофизические – по причине землетрясений, извержения вулканов и т. п.

6. Социальные – связанные с недовольством каких-либо слоев населения, межнациональной неприязнью, межконфессиональной враждой и т. п.

1.4.3 Классификация ЧС по скорости распространения

1. Внезапные – взрыв, обрушение объектов, появление вихря большого диаметра и т. п.

2. С быстро распространяющейся опасностью – лесной пожар, распространение облака воздуха, зараженного сильнодействующими ядовитыми веществами, и т. п.

3. С умеренной скоростью распространения опасности – наводнение, выпадение радионуклидов при аварии на АЭС и т. п.

4. С медленно распространяющейся опасностью – торфяной пожар, наводнение вследствие продолжительных дождей, засуха и т. п.

1.4.4 Классификация ЧС по масштабам распространения

1. Частные – масштабы последствий охватывают одного человека, семью, небольшой коллектив.

2. Локальные – масштабы ограничиваются одной промышленной установкой, поточной линией, цехом, небольшим производством.

3. Объектовые – масштабы последствий ограничиваются территорией завода, предприятия, учреждения, пострадало при этом не более 10 человек либо нарушены условия жизнедеятельности (НУЖ) не более 100 человек.

4. Местные – последствия, охватывающие поселок, город, район. Пострадало от 10 до 50 человек, или НУЖ от 100 до 300 человек, или материальный ущерб (МУ) составляет от 1 до 5 тыс. базовых величин.

5. Территориальные – последствия, охватывающие одну-две области. Пострадало от 50 до 500 человек, или НУЖ от 300 до 500 человек, или МУ составляет от 5 тыс. до 0,5 млн базовых величин.

6. Региональные и национальные – последствия распространяются на весь регион или страну. Пострадало свыше 500 человек, или НУЖ более 500 человек, или МУ превышает 0,5 млн базовых величин.

7. Глобальные – масштабы последствий носят глобальный характер. Масштабы людских потерь при этом оцениваются следующим образом:

– малые потери: во время ЧС пострадало (П) 25–100 человек, из них нуждаются в госпитализации (НГ) 10–50 человек;

- средние потери: П 101–1000 человек, НГ 51–100 человек;
- большие потери: П более 1000 человек, НГ более 100 человек [27].

Наиболее вероятные ЧС для Республики Беларусь:

1. ЧС техногенного характера:

- аварии с выбросом (выливом) сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ);
- пожары (взрывы) на объектах народного хозяйства;
- транспортные аварии и катастрофы;
- гидродинамические аварии;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения;
- аварии на очистных сооружениях;
- аварии в электроэнергетических системах.

2. ЧС природного характера:

- метеорологические явления (бури, ураганы, засухи, сильные снегопады, метели, ливневые дожди, туманы, заморозки);
- гидрологические явления (наводнения, паводки, заторы льдов на реках, подтопления и др.);
- природные пожары в лесах и на торфяниках.

3. ЧС биологического характера:

- инфекционные заболевания людей (эпидемии);
- инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных (эпизоотии);
- поражения сельскохозяйственных растений болезнями или вредителями (эпифитотии).

4. ЧС экологического характера:

- изменение суши;
- просадка земной поверхности в связи с выработкой недр;
- превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных примесей в атмосфере, предельно допустимых уровней (ПДУ) городского шума;
- изменение водной среды (нехватка водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения).

Значительную опасность для жителей республики представляют аварии на химически опасных объектах. В республике насчитывается 347 химически опасных объектов с общим запасом СДЯВ более 40 тыс. т. Из них первой степени опасности (в зону возможного химического заражения может попасть 75 тыс. человек и более) – 3 (ПО «Полимир» – г. Новополоцк, ОАО «Гродно Азот» – г. Гродно, Минскводоканал – г. Минск), второй степени опасности (40–75 тыс. чел.) – 12, третьей степени опасности (менее 40 тыс. чел.) – 252, четвертой степени опасности (за пределы объекта) – 107.

Особую опасность для населения Беларуси представляют объекты атомной энергетики – 5 атомных электростанций, способных оказывать негативное влияние: БелАЭС, Игналинская АЭС в Литве на расстоянии 7 км от границы Беларуси

(2 реактора РБМК-1500 с загрузкой 192 тонны обогащенного урана каждый), Чернобыльская АЭС на Украине на расстоянии 11 км от границы Беларуси (3 реактора РБМК-1000 с общей загрузкой каждого по 192 тонны), Ровенская АЭС на Украине на расстоянии 65 км от границы Беларуси (2 реактора ВВЭР-1000 с общей загрузкой 42 т), Смоленская АЭС в России на расстоянии 75 км от границы (3 реактора РБМК-1000 с загрузкой по 192 т) [17].

Раздел 1

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Тема 2. Антропогенные и природные источники загрязнения атмосферы

2.1 Основные понятия

Целью безопасности жизнедеятельности является защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и достижение комфортных условий жизнедеятельности. Средством достижения этой цели является реализация обществом знаний и умений, направленных на уменьшение в техносфере физических, химических, биологических и иных негативных воздействий до допустимых значений. Это и определяет совокупность знаний, входящих в науку о безопасности жизнедеятельности, а также место БЖЧ в общей области знаний – экологии техносферы.

Формы деятельности разнообразны. Результатом любой деятельности должна быть её полезность для существования человека. Но одновременно с этим любая деятельность потенциально опасна. Она может быть источником негативных воздействий или вреда, приводит к заболеваниям, травматизму и обычно заканчивается потерей трудоспособности или смертью.

В жизненном цикле человек и окружающая его среда обитания образуют постоянно действующую систему «человек – среда обитания».

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

В составе окружающей среды выделяют:

– *природную среду (биосфера)* – область распространения жизни на Земле, не испытывавшая техногенного воздействия (атмосфера, гидросфера, верхняя часть литосферы). Она обладает как защитными свойствами (защита человека от негативных факторов: разность температуры, осадки), так и рядом негативных факторов, поэтому для защиты от них человек вынужден был создать техносферу.

– *техногенную среду (техносфера)* – среда обитания, созданная с помощью воздействия людей и технических средств на природную среду с целью наилучшего соответствия среды социальным и экономическим потребностям.

Биосфера, согласно учению академика В. И. Вернадского, представляет собой наружную оболочку Земли, включающую все живое вещество и область

его распространения (среду обитания). Верхняя граница биосферы – защитный озоновый слой в атмосфере на *высоте 20–25 км*, выше которого жизнь невозможна ввиду воздействия УФИ. Нижней границей биосферы являются литосфера до глубины 3–5 км и гидросфера до глубины 11–12 км.

Биосфера возникла около 4,5 млрд лет назад и прошла несколько этапов эволюционного развития: от *первоначального* круговорота органического вещества к *биологическому* круговороту – *непрерывному обмену веществом и энергией* между живыми организмами и окружающей средой в течение всей жизни организмов и после их смерти.

Важнейшими компонентами биосферы являются:

- живое вещество (растения, животные, микроорганизмы);
- биогенное вещество органического происхождения (уголь, торф, почвенный гумус, нефть, мел, известняк и др.);
- косное вещество (*горные породы* неорганического происхождения);
- биокосное вещество (продукты *распада и переработки горных пород живыми организмами*).

По В. И. Вернадскому, живое вещество является носителем *свободной энергии биосферы* и связано с неживым веществом *биогенной миграцией атомов*.

Современный этап воздействия человека на природу является антропогенным и характеризуется следующими особенностями:

- в систему воздействия человека на природу включается новый элемент – его разум, позволяющий *осуществлять целенаправленную эксплуатацию природы*, вооружив людей орудиями труда, которые во много раз усиливают воздействие человека на окружающую среду;
- постоянный *рост давления на природу* в меру совершенствования средств труда и *пространственного расширения деятельности человека*: прямого (экстенсивного) и по растущему числу сфер (интенсивного);
- все большее *ускорение развития человечества*. В этих условиях природа не успевает восстановить равновесие экологических систем, нарушенное вмешательством человека;
- возрастает использование человеком *ресурсов природы*;
- происходит *целенаправленное изменение человеком природы* (ландшафтов, растений, животных) и биоценоза (совокупность живых компонентов) отдельных регионов;
- происходит *нарастание* все более масштабных побочных, часто непредвиденных и не предполагавшихся, *последствий человеческой деятельности*.

В XX в. на Земле возникли зоны повышенного [антропогенного и техногенного влияния](#) на природную среду. Это привело к частичной или полной деградации. Этим изменениям способствовали следующие эволюционные процессы:

- рост [численности населения](#) и [урбанизация](#);
- рост потребления энергии;
- массовое использование транспорта;
- рост затрат на военные цели.

Термин «экология» (от греческого oikos – жилище, местообитание) введен в литературу в 1866 г. немецким исследователем Э. Геккелем, им дано и общее

определение экологии. Э. Геккель писал: «... Под экологией мы подразумеваем общую науку об отношениях организма к окружающей среде, куда мы относим все “условия существования” в широком смысле этого слова».

Из содержания экологии вытекают ее задачи, которые, прежде всего, заключаются в познании взаимосвязей между растениями, животными, грибами, микроорганизмами и средой их обитания, многообразия организации жизни на Земле, изучении функционирования надорганизменных систем различных уровней. В задачи экологии входит прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека, научное обеспечение восстановления нарушенных природных систем. Конечная цель экологических исследований состоит в сохранении среды обитания человека.

Объектами охраны окружающей среды являются:

- атмосферный воздух, озоновый слой, околоземное космическое пространство;
- земли, почва, недра;
- поверхностные и подземные почвы;
- леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд.

Понятие экологической системы. Термин «экологическая система» в 1935 г. предложил английский ученый А. Тэнсли. Экологическая система, или экосистема (греч. oikos – жилище, дом и systema – сочетание, объединение), – это совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, объединенных в единое функциональное целое.

Основные свойства экосистемы:

- способность осуществлять круговорот веществ и поток энергии;
- поддерживать постоянство своего состава в изменяющихся условиях окружающей среды (гомеостаз);
- производить биологическую продукцию.

Понятие «экосистема» приложимо к объектам разной сложности и размеров (капля воды, пруд, лес, океан).

Блочная модель экосистем: *экосистема = биотоп + биоценоз.*

Итак, экосистему образует совокупность физико-химического окружения – биотоп (от греч. bios – жизнь, topos – место), или экотоп (от греч. oikos – дом, жилище, место пребывания), с сообществом взаимосвязанных организмов – биоценозом (от греч. koïnos – общий). Совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, объединенных общей областью распространения, называют биотой (от греч. biotē – жизнь) экосистемы.

Выделяют микроэкосистемы (лужа; ствол гниющего дерева; труп животного с населяющими его организмами; аквариум, пока в нем присутствуют живые организмы, способные осуществлять круговорот), мезоэкосистемы (лес, пруд и т. д.), макроэкосистемы (океан, континент и т. п.). Глобальная экосистема одна – это биосфера. Таким образом, более крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга.

Как синоним экосистемы часто рассматривают термин биогеоценоз (от греч. bios – жизнь, gē – Земля, земля, koïnos – общий). Он предложен академиком

В. Н. Сукачевым в 1942 г. и обычно используется для наземных систем (Ю. Одум выделяет 3 группы природных экосистем: наземные (биомы), пресноводные и морские.

Каждый биогеоценоз можно назвать экосистемой, но не наоборот. Биогеоценоз – наземная экосистема. В отличие от остальных экосистем, в биогеоценозе в качестве основного звена всегда входит растительное сообщество, к границам которого он обычно приурочен. Следовательно, каждый биоценоз – это экосистема, но не каждая экосистема – биогеоценоз.

По типу обеспечения энергией экологические системы разделяются на автотрофные и гетеротрофные, хотя это разделение довольно условно. Экологические системы делятся на естественные и искусственные, создаваемые человеком (сельскохозяйственные угодья, сады, парки, сооружения биологической очистки сточных вод и пр.). Естественными экологическими системами принято считать те, в которых роль естественных факторов, определяющих их состав, выше, чем влияние человека.

В экологии принято выделять разделы в зависимости от конкретного биологического объекта (экология растений, экология животных, экология микроорганизмов). Современная экология включает следующие направления:

- общая (классическая) экология, изучающая взаимодействия биологических систем с окружающей средой;

- геоэкология (ландшафтная экология), исследующая экосистемы (геоэкосистемы) высоких уровней до биосферного включительно; интересы геоэкологии сосредоточены на анализе структуры и функционирования ландшафтов (природных комплексов географического ранга), взаимоотношений их составных биотических и абиотических (неживых) компонентов, воздействия общества на природные составляющие;

- глобальная экология, изучающая общие законы функционирования биосферы как глобальной экологической системы;

- социальная экология, рассматривающая взаимоотношения в системе «общество – природа»;

- прикладная экология, изучающая механизмы воздействия человека на биосферу, способы предотвращения негативного воздействия и его последствий, разрабатывающая принципы рационального использования природных ресурсов. Она базируется на законах, правилах и принципах экологии и природопользования.

Для достижения безопасности здоровья человека можно выделить следующие цели:

- борьба с загрязнением воздуха;
- охрана вод от загрязнений и использование пресных вод;
- охрана морской среды;
- эффективное использование почвы;
- защита и охрана существующих генетических ресурсов (заповедники);
- улучшение состояния окружающей среды в населенных районах.

Рационализация взаимоотношений общества и окружающей его среды в значительной степени связана с дальнейшим совершенствованием технологических

процессов, чтобы сократить, а затем исключить вообще практику выбросов отходов в среду обитания человека.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и применяются для оценки состояния окружающей среды и нормирования допустимого воздействия на нее.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;

- нормативы предельно допустимых физических воздействий и др.

Мониторинг окружающей среды – это система наблюдений и контроля, проводимых регулярно, по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения.

Контроль за состоянием окружающей среды заключается в сопоставлении полученных данных о состоянии окружающей среды с установленными критериями и нормами техногенного воздействия или фоновыми параметрами с целью оценки их соответствия.

Уровни мониторинга:

- глобальный (национальный) объект – биосфера;

- оценка баланса компонентов атмосферы, гидросферы, литосферы для осуществления круговорота вещества и энергии;

- национальный (общегосударственный) объект – природные экосистемы, агроэкосистемы;

- оценка структуры экосистемы (степень нарушений экосистемы, популяционный состав, урожайность и т. д.);

- региональный (областной);

- местный (районный, городской);

- локальный (объектовый) объект – приземный слой атмосферы, поверхностные и грунтовые воды, промышленные стоки, загрязнение почв.

Мониторинг атмосферного воздуха включает в себя наблюдения за приземным слоем атмосферы, верхними слоями атмосферы и за атмосферными осадками.

Мониторинг гидросферы – это наблюдения за поверхностными водами суши (реками, озерами, водохранилищами и пр.), водами морей и океанов и подземными водами.

Почвенный мониторинг – наблюдения за агрохимическими характеристиками почвы, за загрязнением почвы различными химическими соединениями.

Геологический мониторинг – наблюдения за процессами, протекающими в литосфере, в зоне вечной мерзлоты и в верхней части земной мантии. Геофизический мониторинг охватывает наблюдения за абиотической составляющей биосферы (погодой, климатом, изменениями рельефа).

Сейсмический мониторинг – наблюдения за распространением сейсмических волн в геологической среде и регистрация землетрясений различной силы.

Гравиметрический мониторинг – наблюдения за изменениями силы тяжести на Земле (в пространстве и во времени).

Биологический мониторинг – наблюдения за популяциями живых организмов (численностью популяции, особенностями расселения и т. д.).

Многие катастрофы и стихийные бедствия нельзя предотвратить, поэтому борьба за уменьшение ущерба и потерь от них становится важным элементом государственной политики страны, в основу которой должны быть положены прогнозирование и своевременное предупреждение населения о возникающей опасности. Исходя из этого в Республике создана система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Она функционирует в рамках Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Объектами наблюдений при проведении мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций являются источники чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, опасности классифицируют по следующим признакам:

- по природе происхождения: природные, технические, антропогенные, экологические, смешанные;
- по локализации: связанные с литосферой, гидросферой, атмосферой, космосом;
- по вызываемым последствиям: утомление, заболевание, травма, летальный исход и др. [2].

2.2 Строение и состав атмосферы, роль парникового эффекта и озонового слоя для биосферы

Атмосфера состоит из следующих слоев: нижнего приземного слоя – тропосферы, стратосферы, мезосферы, ионо- и экзосферы. Масса атмосферы равна $5,2 \cdot 10^{15}$ тонн, и почти 50% этой массы сосредоточено в 5-километровом, а 95% – в нижнем 20-километровом слое.

Парниковый эффект (оранжерейный или тепличный эффект) – это повышение температуры поверхности земли по причине нагрева нижних слоев атмосферы скоплением парниковых газов. В результате температура воздуха больше, чем должна быть, а это приводит к таким необратимым последствиям, как климатические изменения и глобальное потепление.

Функции атмосферы: участвует в формировании климата, регуляции влажности, формировании погоды, защищает от жесткого космического излучения широкого диапазона волн и энергии.

Повышение концентрации оксидов углерода, фосфора, серы, увеличение количества пыли и сажи в атмосфере в результате всех видов производственной деятельности и работы транспорта привели к снижению прозрачности воздуха. Накопившиеся загрязнители задерживают инфракрасные лучи, испускаемые земной поверхностью.

Определенная роль в создании парникового эффекта принадлежит теплу, выделяемому предприятиями теплоэнергетики. Результатом, как считается, стало глобальное потепление.

Важнейшей характеристикой воздушного бассейна является его качество. Качество воздуха влияет на здоровье людей, состояние растительного и животного мира, прочность и долговечность любых конструкций зданий и сооружений. Привнесение в воздух новых веществ, нехарактерных для него, называется загрязнением воздуха.

Причины парникового эффекта:

- использование горючих полезных ископаемых в промышленности;
- транспорт (легковые и грузовые автомобили выделяют выхлопные газы, которые также загрязняют воздух и усиливают парниковый эффект);
- вырубка лесов, которые поглощают углекислый газ и выделяют кислород, а с уничтожением каждого дерева на планете увеличивается количество CO_2 в воздухе;
- лесные пожары – еще один источник уничтожения растений на планете;
- увеличение населения приводит к повышению спроса на продукты питания, одежду, жилища, и чтобы это обеспечить, растет промышленное производство, которое все интенсивнее загрязняет воздух парниковыми газами;
- агрохимия и удобрения содержат различное количество соединений, в результате испарения которых выделяется азот – один из парниковых газов;
- разложение и горение мусора на полигонах способствуют увеличению парниковых газов.

Последствия парникового эффекта. Ежегодно возрастает температура воздуха, воды морей и океанов интенсивнее испаряются. Некоторые ученые прогнозируют, что через 200 лет станет заметным такое явление, как «высыхание» океанов, а именно значительное понижение уровня воды. Это одна сторона проблемы. Другая же заключается в том, что повышение температуры приводит к таянию ледников, что способствует повышению уровня вод Мирового океана и приводит к затоплению берегов континентов и островов. Увеличение количества потопов и затопления прибрежных районов свидетельствует о том, что уровень океанических вод с каждым годом повышается.

Повышение температуры воздуха приводит к тому, что территории, которые мало увлажняются атмосферными осадками, становятся засушливыми и непригодными для жизни. Здесь гибнут урожаи, что приводит к продовольственному кризису для населения данной местности. Также животным не находится пропитания, поскольку из-за недостатка воды вымирают растения.

Озоновый слой – это самый легкий и тонкий слой в атмосфере, который содержит относительную концентрацию озона (до 0,001%). Озоновый слой защищает нашу планету от опасного ультрафиолетового излучения, которое способно причинить значительный ущерб жизни на Земле.

Образуется озон при помощи ультрафиолетовых лучей, которые расщепляют молекулы кислорода, превращая O_2 в $\text{O} + \text{O}$. После расщепления O присоединяется к другим молекулам кислорода, образуя озон.

O_3 и молекулы кислорода «поглощают» около 97–99 % вредного ультрафиолетового излучения, преобразовывая его в тепло.

Озоновый слой служит естественным щитом Земли и спасает человечество от ультрафиолетовой радиации, которая вызывает мутации ДНК.

Также защитная оболочка позволяет проходить процессам фотосинтеза на земной поверхности, делающим среду доступной для развития живых организмов, но опасность проникновения коротковолновых лучей к нижним слоям атмосферы грозит нарушением процессов фотосинтеза, за счет которых обеспечивается жизнь на земной поверхности. Кроме того, воздействие излишнего излучения на человека приводит к развитию кожных, глазных, кровеносных заболеваний. Повышенная концентрация озона обладает токсичностью, приводящей к негативным для организма последствиям.

Причиной повреждения и истончения озоносферы Земли были признаны синтетические и искусственные вещества, образованные в результате промышленной деятельности.

Причина разрушения озона – хлорфторуглерод, группа органических соединений, включающих атомы фтора, хлора и углерода. Эти соединения не токсичны, стабильны и, взаимодействуя с воздухом, не образуют взрывоопасных веществ.

Истощение озонового слоя повлечет смену направлений ветра, понижение температуры, засуху, остановит развитие живых организмов на поверхности, ограничив ареол обитания только водными просторами.

Снижение толщины озоновой оболочки приведет к проникновению опасных коротковолновых ультрафиолетовых лучей и их влиянию на человека. Хватит нескольких минут, чтобы эти лучи привели к ожогам, нарушению работы дыхательных и кровеносных сосудов [11].

2.3 Виды и способы нормирования атмосферного загрязнения

Виды загрязнения воздуха:

– локальные – загрязнение обусловлено одним или несколькими источниками выбросов, зона влияния которых определяется, главным образом, изменчивой скоростью и направлением ветра;

– региональные – понимается загрязнение атмосферного воздуха на территории в сотни километров, которая находится под воздействием выбросов крупных производственных комплексов;

– глобальные – загрязнение распространяется на тысячи километров от источника и нередко смыкается в пределах всего земного шара. Это относится прежде всего к Северному полушарию планеты.

Естественное загрязнение атмосферного воздуха, имеющее природное происхождение, существовало всегда. К этому виду загрязнений относятся (основные источники):

– пыль, которая образуется в результате воздействия ветра на почву (степи, пустыни);

– вулканы, во время извержения которых в воздух выбрасываются миллионы тонн пепла и газов;

– природные пожары.

Также можно выделить дополнительные источники: испарение солей с океанов и морей, космическая пыль, пыльца с растений, пыль, образующаяся в результате разрушения горных пород, выделения животных, птиц и др.

Гораздо больше пагубного влияния оказывают антропогенные источники загрязнения:

- испытания ядерного оружия;
- переработка ядерного топлива;
- выброс ядовитых газов с промышленных предприятий;
- деятельность тепловых электростанций;
- разложение отходов на свалках;
- котельные;
- отходы сельского хозяйства;
- пожары, возникшие по вине человека;
- полет реактивных самолетов в верхних слоях атмосферы;
- выхлопные газы автотранспорта.

На территории Беларуси основные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух связаны с работой автомобильного транспорта (три четверти всех выбросов), промышленных предприятий и строительного комплекса.

Промышленные источники загрязнения анализируются по отраслям, а также по ингредиентам (составу загрязняющих веществ). В глобальном масштабе наиболее крупными загрязнителями являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, химия и нефтехимия, промышленность строительных материалов.

В 2019 г. 99 % мирового населения проживало в районах, где уровень загрязнения воздуха превышал значения, установленные в рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха.

Основные химические соединения, загрязняющие атмосферный воздух и их воздействие на организм человека:

– оксид углерода (угарный газ) – это бесцветный газ, без запаха, 4 класса опасности (вызывает головную боль, снижение умственной активности, стук в висках, сонливость, тошноту, иногда рвоту, ухудшение остроты зрения, нарушения психомоторных функций);

– диоксид серы (сернистый газ) – это бесцветный газ, 3 класса опасности (возникновение хронического гастрита, гепатопатии, бронхита, ларингита, рака легких, заболевания почек);

– оксиды азота – это бесцветные газы, 2 класса опасности (вызывают бронхит и пневмонию, увеличивают восприимчивость к вирусным заболеваниям, могут вызвать заболевания легких, в том числе рак, необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе, наследственную, генетическую и хромосомную мутации). В образовании аэрозоля участвуют: солнечная радиация, водяной пар, диоксид азота, продукты горения и гниения.

– особую опасность представляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Индикатором их наличия является бенз(а)пирен. Это крайне токсичное вещество, вызывающее рак, ишемическую болезнь сердца, дерматиты, мутации. Больше всего его выбрасывают нефтехимические предприятия и автотранспорт.

В глобальных рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха (2021 г.) приведены результаты оценки воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения и установлены рекомендуемые предельные значения концентрации опасных для здоровья загрязняющих веществ.

Отравляющие вещества – это химические соединения, которые в определенных количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, оказывают вредное воздействие на людей, животных и вызывают у них поражения различной степени, в том числе и смерть.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека:

– 1-й класс – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец и его соединения, озон и др.). ПДК менее 0,1 мг/м³;

– 2-й класс – вещества высокоопасные (оксиды азота, марганец, медь, серная и соляная кислоты, сероводород, сероуглерод, формальдегид, хлор, растворы едких щелочей и др.). ПДК 0,1 – 1,0 мг/м³;

– 3-й класс – вещества умеренноопасные (ксилол, спирт метиловый, толуол, фенол, сернистый ангидрид и др.). ПДК 1,1 – 10,0 мг/м³;

– 4-й класс – вещества малоопасные (аммиак, ацетон, бензин, керосин, нафталин, спирт этиловый, оксид углерода и др.). ПДК более 10,0 мг/м³.

При нормировании качества атмосферного воздуха используются следующие нормативные показатели:

– предельно допустимая концентрация, ПДК м.р., ПДК с.с., ПДК рабочей зоны;

– индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – комплексный нормативный показатель, используемый при оценке состояния воздушного бассейна, загрязнённого смесью из большого количества загрязнителей (до нескольких десятков наименований):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{\text{ПДК}_{\text{м.р.}(i)}} \right) a(i),$$

где q_i – концентрация i -го вещества в мг/м³;

$\text{ПДК}_{\text{м.р.}(i)}$ – максимальная разовая ПДК i -го вещества в мг/м³;

$a(i)$ – коэффициент соотношения вредности i -го вещества с вредностью вещества III класса опасности (1,7; 1,3; 1,0; 0,9).

В соответствии с существующими методиками оценок среднегодового уровня загрязнения считается низким, если $\text{ИЗА} \leq 5$, повышенным при $5 < \text{ИЗА} < 7$, высоким при $7 \leq \text{ИЗА} < 14$ и очень высоким при $\text{ИЗА} \geq 14$;

– предельно допустимый выброс (ПДВ) – нормативный показатель, используемый для контроля объёма загрязняющих выбросов, производимых конкретным промышленным предприятием в атмосферу;

– предельно допустимый расход топлива (ПДТ) – нормативный показатель, аналогичный ПДВ, но устанавливаемый для тех источников выбросов, которые загрязняют атмосферу, сжигая различные виды топлива (ТЭЦ, котельные и пр.) [18].

2.4 Концепция углеродной нейтральности. Основные направления и мероприятия по защите воздушного бассейна

Углеродная нейтральность – это состояние с нулевыми выбросами углекислого газа.

Парниковые газы, такие как диоксид углерода, метан и окись азота, нарушают естественный баланс в атмосфере и являются главными причинами глобального потепления. Они вызывают изменения климата, воздействуя на температуру, колебания уровней воды и другие экологические факторы. Углеродная нейтральность предлагает решение этой проблемы путем сокращения выбросов парниковых газов и компенсации оставшихся выбросов низкоуглеродными методами. Например, это может быть достигнуто через использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные или ветровые, а также через улучшение энергоэффективности зданий и транспортных средств.

Кроме того, углеродная нейтральность может быть достигнута путем геологического захоронения углерода, в котором парниковые газы хранятся в глубоких подземных отложениях.

Однако, чтобы достичь углеродной нейтральности, необходимы значительные изменения в образе жизни и производстве. Это могут быть как крупномасштабные изменения, такие как переход на возобновляемые источники энергии, так и небольшие изменения, такие как использование более эффективных лампочек или выбор общественного транспорта вместо личного автомобиля.

Ключевым аспектом достижения углеродной нейтральности является развитие инновационных технологий и методов, которые помогут снизить выбросы парниковых газов и увеличить утилизацию оставшихся выбросов. Например, использование специальных фильтров и катализаторов может существенно уменьшить выбросы диоксида углерода из промышленных и транспортных источников.

Многие страны и компании по всему миру стремятся достичь углеродной нейтральности в ближайшее время. Некоторые компании уже начали инвестировать в технологии захвата углерода и использования возобновляемых источников энергии. Некоторые страны устанавливают цели по достижению углеродной нейтральности в ближайшие десятилетия. В целом, углеродная нейтральность – это концепция, которая означает переход к устойчивому образу жизни и производству, где выбросы парниковых газов минимизируются или компенсируются низкоуглеродными методами. Этот подход является ключевым в борьбе

с изменением климата и необходимо, чтобы сохранить нашу планету для будущих поколений.

Среди многочисленных направлений работ по снижению загрязнения воздушного бассейна важнейшими являются следующие:

- внедрение эффективных экономических и моральных методов стимулирования деятельности по охране атмосферы, включая различные поощрения и плату за выбросы и т. д.;

- сокращение выбросов от автомобильного транспорта за счет совершенствования двигателей и топливной аппаратуры, внедрение нейтрализаторов выхлопных газов, увеличение доли дизельных и работающих на газообразном топливе двигателей, прекращение выпуска этилированных бензинов, а также лучшей организации дорожного движения;

- внедрение малоотходных и безотходных или чистых технологических процессов и производств, прежде всего в теплоэнергетике, чёрной и цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, при производстве строительных материалов и в других отраслях;

- оптимизация энергетического баланса страны (закрытие мелких и устаревших агрегатов, котельных и других установок, использование альтернативных ископаемым источников энергии и т. д.);

- внедрение экономически оправданных процессов сжигания топлива, а также предварительного обессеривания угля, нефти и газа, глубокой переработки угля и сланцев перед сжиганием (газификация, пиролиз);

- внедрение современных методов пылегазоочистки дымовых и других отходящих газов с высоким КПД и максимальным использованием продуктов очистки. Особое внимание следует уделить комплексной очистке отходящих газов от оксидов серы и азота, выделению и использованию углеводородов, сероводорода, соединений фтора, хлора, тяжелых металлов, обезвреживанию канцерогенных веществ;

- развитие эффективных систем контроля за загрязнением атмосферы, в том числе автоматизированных дистанционных систем.

Меры планировочного характера включают:

- выбор под застройку хорошо проветриваемых склонов, свободных от явлений инверсии и кумуляции загрязнений в приземном слое;

- правильное взаиморасположение источников выбросов и жилых зон с учетом направлений господствующих ветров и их повторяемости;

- рациональное расположение производственных цехов и зданий основных и вспомогательных производств на промышленной площадке;

- создание санитарно-защитных зон между источниками выбросов и жилой застройкой.

Ширина санитарной защитной зоны определяется степенью вредности производства. При ограниченной возможности очистки вентиляционного воздуха перед выбросом в атмосферу и неблагоприятных условиях взаимного расположения предприятий с жилой застройкой санитарно-защитная зона может быть увеличена, но не более чем в 3 раза.

Санитарно-защитные зоны предприятий должны быть благоустроены и озеленены. Породы деревьев и кустарников, обладающие ярко выраженной способностью к газопоглощению и пылезадержанию – каштан, тополь, акация, листья вяза, сирени, лиственница. Активными источниками фитонцидов являются белая акация, ива, береза, ель, сосны, топольки, черемуха и др.

При озеленении санитарно-защитной зоны загрязнение воздуха на расстоянии 1500 м от источника выброса уменьшается в 2 раза по пыли и в 3 раза по сернистым соединениям. Дополнительное назначение санитарно-защитных зон, обустроенных путем высадки деревьев и кустарников, состоит в снижении уровня шума из-за частичного поглощения его зелеными насаждениями. Конфигурации санитарно-защитных зон (виды): с учетом розы ветров и без учета розы ветров. При построении конфигурации используется восьмирумбовая роза ветров. Для построения конфигурации санитарно-защитной зоны необходимо определить в пределах промышленной площадки крайние источники выбросов вредных веществ по каждому направлению розы ветров.

Классы предприятий:

- 1 класс: санитарная зона = 1000 м;
- 2 класс: санитарная зона = 500 м;
- 3 класс: санитарная зона = 300 м;
- 4 класс: санитарная зона = 100 м;
- 5 класс: санитарная зона = 50 м.

Рекомендуется предусматривать полосу зеленых насаждений шириной не менее 50 м, а при ширине зоны до 100 м – не менее 20 м.

Предприятия 1 и частично 2 класса имеют значительный грузооборот железнодорожного транспорта и относительно малую насыщенность рабочими местами, их располагают за пределами города вдали от селитебной территории. К предприятиям этой группы относятся металлургические, нефтеперерабатывающие, цементные заводы, комплексы добывающей промышленности и др.

Предприятия, относящиеся к 3 и частично ко 2 и к 4 классам по уровню выделения вредностей, требуют использования, помимо автомобильного, железнодорожного транспорта. К таким предприятиям относятся машиностроительные заводы, крупные предприятия легкой и пищевой промышленности объекты строительной индустрии, крупные транспортные предприятия и др.

Предприятия, не выделяющие производственных вредностей (5 и частично 4 классы) с невзрывопожароопасными производствами, не связанные с вводом железнодорожного транспорта, имеющие, как правило, значительное насыщение рабочими местами, располагают вблизи жилой застройки. Это предприятия приборостроения, оптики, бытового обслуживания, небольшие предприятия легкой и пищевой промышленности и др. Такие предприятия, не создающие отрицательных факторов, превышающих нормируемые требования для жилой застройки, могут быть размещены в пределах селитебной территории.

Конструктивно-технологические мероприятия (использование сырья, промежуточных продуктов и отходов):

- рекуперация растворителей;
- рекуперация тепла в результате использования вторичных энергетических ресурсов;

- герметизация производственного оборудования;
 - сокращение или ликвидация неорганизованных выбросов;
 - применение малосернистого топлива;
 - полное использование всех видов сырья в мясной, молочной и рыбной промышленности;
 - очистка вентиляционного воздуха от вредных веществ;
 - утилизация и обезвреживание отходов;
 - рассеивание вредных выбросов через вентиляционные и дымовые трубы.
- Экологическое обоснование в генеральном плане города (поселения) должно включать:
- анализ и оценку существующей структуры землепользования;
 - характеристику природных условий территории в районе размещения города;
 - данные о водопользовании;
 - сведения о сточных водах (количество, качество), включая ливневые, способы очистки;
 - оценку организационных мероприятий по планировке территории;
 - оценку загрязнения городской среды промышленными объектами, транспортными средствами (с учетом существующей и планируемой дорожно-транспортной сети);
 - мероприятия по защите населения от физических воздействий;
 - прогноз изменений экологических условий;
 - оценку комфортности проживания в различных зонах города;
 - мероприятия по организации экологического мониторинга [12].

Тема 3. Особенности загрязнения водной среды и методы очистки сточных вод

3.1 Основные направления использования водных ресурсов в мире и в Республике Беларусь

Гидросфера включает воды Мирового океана (на их долю приходится 97–98 % воды), реки, озера, подземные воды, атмосферную и почвенную влагу, ледники.

Значение гидросферы:

- круговорот веществ на Земле;
- участвует в формировании климата (обладая большой теплоемкостью);
- вода является универсальным растворителем;
- активизирует процессы почвообразования;
- с участием воды в процессе фотосинтеза происходит образование органического вещества.

Водные ресурсы – это все пригодные к использованию запасы поверхностных и подземных вод, включая почвенную и атмосферную влагу.

Ресурсы поверхностных вод определяются в основном суммарным стоком в средний по водности год. По территории Земли и отдельным регионам они распределены и используются неравномерно. Страны СНГ обладают крупнейшими в мире водными ресурсами, суммарно они занимают 2-е место в мире (после Бразилии) по объему среднегодового речного стока, на них приходится также значительные по величине потенциальные запасы подземных вод. Однако эти ресурсы распространены по территории стран СНГ крайне неравномерно, что объясняется различными географическими, климатическими, геологическими и гидрогеологическими условиями отдельных регионов.

Неравномерному распределению стока соответствует и различная обеспеченность водными ресурсами стран СНГ. Если удельная обеспеченность стоком в целом для стран СНГ равна 210 тыс. км³ в год на 1 км², то наиболее высокая в Грузии и Таджикистане – 877 и 667 соответственно, а наиболее низкая в Туркменистане – 145 и в Казахстане – 46 тыс. км³ в год на 1 км².

3.1.1 Водные ресурсы РБ и их оценка

Ресурсы поверхностных вод Беларуси оцениваются в 58 км³ в год, по этому показателю она занимает 8-е место среди стран СНГ (1,2 % общего стока). Большая часть речного стока формируется в пределах РБ, приток воды с территории соседних государств равен 21,6 км³, или 36 %.

Для Беларуси характерна довольно значительная дифференциация водоемкости, которая усугубляется неравномерным размещением населения и производства. Реки страны принадлежат к бассейнам двух морей – Черного и Балтийского, соответственно 56 % и 44 % площади водосбора. Из общего числа рек и ручьев (20,8 тыс.) суммарной протяженностью 90,6 тыс. км абсолютное большинство водотоков относится к малым равнинным рекам. Ресурсы поверхностных вод включают также озера и водохранилища. В пределах границы РБ около 11 тыс. озер. Наиболее богата озерами северная часть – Белорусское Поозерье. Многие озера расположены близко одно от другого или соединены одним водотоком и образуют группы – Нарочанскую, Браславскую, Ушачскую и др. Самые крупные из озер – Нарочь, Освейское, Лукомское, Дривяты, Нещердо, Снуды, Свирь. Северные озера отличаются хорошей сохранностью озерных котловин, что позволяет вести их комплексное использование [18].

Неравномерность размещения водных ресурсов и внутригодового распределения стока поверхностных вод в определенной мере компенсируется строительством водохранилищ и прудов.

Водохранилище – искусственный водоем с полным объемом задержанных водных масс более 1 млн м³, созданный с использованием водонапорных сооружений в долине реки или понижении местности для накопления и сохранения воды, регулирования стока в соответствии с потребностями различных отраслей народного хозяйства. На территории РБ сооружено более 140 водохранилищ различного хозяйственного назначения. Суммарный полный объем воды, который задерживается

водохранилищами, достигает $3,0 \text{ км}^3$, а полезный – $1,24 \text{ км}^3$. Общая площадь водного зеркала акватории водохранилищ достигает 740 км^2 . С созданием водохранилищ озерность РБ увеличилась с 0,6 до 1,5 %.

К числу искусственных водоемов относятся и пруды, которые аккумулируют местный сток. Их полный объем не превышает 1 млн м^3 . Пруды предназначены для местного хозяйственно-бытового водообеспечения и иных целей. Прудовой фонд РБ составляют более 1500 ед. в колхозах и совхозах с полным объемом задержки водных масс более $0,2 \text{ км}^3$, площадь водного зеркала 140 км^2 и 19 рыбных хозяйств с полным объемом $0,3 \text{ км}^3$, площадью 179 км^2 .

Естественные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в $15,9 \text{ км}^3$ в год. Они распространены по всей территории РБ на глубинах от 100 до 450 м. Взаимодействие климатических, геологических и других факторов определяет неравномерный характер распределения подземных вод, что соответствует региональным различиям поверхностного стока. Всего разведано более 230 месторождений пресных подземных вод.

Возобновляемые ресурсы пресных поверхностных и подземных вод в целом по РБ сегодня и в перспективе оцениваются как достаточные для удовлетворения потребностей страны в воде.

3.1.2 Основные направления использования водных ресурсов

Отличительной чертой XX в. стал быстрый рост водопотребления по самым различным направлениям. На первое место по объему потребления воды вышло сельское хозяйство и ЖКХ. Для того чтобы обеспечить продуктами питания все возрастающее население Земли, необходимы затраты огромного количества воды в земледелии. Ресурсы влаги и тепла и их соотношение определяют естественную биологическую продуктивность в различных природно-климатических зонах мира.

Площадь орошаемых земель на земле в настоящее время составляет примерно 220 млн га. Они дают примерно 50 % с/х продукции мира, на таких землях размещается до 2/3 мировых посевов хлопчатника. В то же время на орошение 1 га посевов расходуется в течение года 12–14 тыс. м^3 воды. Ежегодный расход воды – около 2500 км^3 , или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. По объему используемых вод орошаемое земледелие занимает 1-е место среди других водопотребителей.

Чрезвычайно велика потребность в воде для современного животноводства, содержания скота на фермах и животноводческих комплексах. Для производства 1 кг молока затрачивается 4 т, а 1 кг мяса – 25 т воды.

Растет потребление воды в *промышленном производстве*. Она является химическим реагентом, участвующим в производстве кислорода, водорода, щелочей, азотной кислоты, спиртов и многих других важнейших химических продуктов. Вода – необходимый компонент в производстве стройматериалов: цемента, гипса, извести и т. п. Основная масса воды в промышленности используется для производства энергии и охлаждения.

По мере роста народонаселения и городов возрос расход воды на *коммунально-бытовые нужды*. Физиологическая потребность человека в воде, которая

вводится в организм с питьем и пищей, в зависимости от климатических условий составляет 9-10 л/сут. Значительно большее количество воды необходимо для санитарных и хозяйственно-бытовых нужд. Уровень хозяйственно-питьевого водопотребления колеблется в значительных пределах: от 30–50 до 276–400 л/сут. Улучшение коммунально-бытовых условий жизни в городах и сельской местности влечет за собой увеличение потребления воды.

Рост промышленности и с/х производства, высокие темпы урбанизации способствовали расширению использования водных ресурсов РБ. В результате спада производства, начиная с 1992 г., отмечается уменьшение водопотребления в различных отраслях экономики. Основным потребителем воды оказалось ЖКХ – 46 % общего потребления; промышленное водоснабжение – 31,5 %; с/х водоснабжение и орошение – 9,7 %; рыбное прудовое хозяйство – 12,8 %. В региональном аспекте выделяется центральная часть РБ, где потребляется почти 1/3 всего объема используемых вод, что в основном совпадает с экономическим потенциалом данного региона.

Водное хозяйство формируется как отрасль народного хозяйства, занимающаяся изучением, учетом, планированием и прогнозированием комплексного использования водных ресурсов, охраной поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения, транспортировкой их к месту потребления. Основная задача водного хозяйства – обеспечение всех отраслей и видов хозяйственной деятельности водой в необходимом количестве и соответствующего качества.

По характеру использования водных ресурсов отрасли народного хозяйства делят на водопотребителей и водопользователей.

Водопользование – использование водной среды.

Водопотребление – добыча, подготовка и доставка воды.

При *водопотреблении* вода изымается из ее источников (рек, водоемов, водоносных пластов) и используется в промышленности, сельском хозяйстве, для коммунально-бытовых нужд; она входит в состав выпускаемой продукции, подвергается загрязнению и испарению. Водопотребление с точки зрения использования водных ресурсов подразделяют на *возвратное* (возвращаемое к источнику) и *безвозвратное* (потери).

Водопользование связано обычно с процессами, когда используют не воду как таковую, а ее энергию или водную среду. На такой основе развивается гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, система отдыха и спорта и др.

Отрасли народного хозяйства предъявляют к водным ресурсам разные требования, поэтому проблемы водохозяйственного строительства наиболее целесообразно решать комплексно, учитывая особенности каждой отрасли и те изменения в режиме подземных и поверхностных вод, которые возникают при строительстве гидротехнических сооружений и их эксплуатации и нарушают экологические системы. Комплексное использование водных ресурсов позволяет наиболее рационально удовлетворить потребности в воде каждой отрасли народного хозяйства, оптимально сочетать интересы всех водопотребителей и водопользователей [29].

3.2 Сущность проблемы дефицита пресной воды

Общий запас воды на Земле равен 1,385 млрд км³, а объем пресных вод составляет около 30 млн км³.

Ученые утверждают, что в ближайшие 25–30 лет мировые запасы пресной воды сократятся в два раза. Пресная вода сегодня составляет около 3 % от всего объема воды на земле. Приблизительно 75 % мирового запаса пресной воды сосредоточено в айсбергах и ледниках, практически вся остальная пресная вода находится под землей. Для человека легкодоступен только 1 % водных запасов, но даже, несмотря на такую маленькую цифру, этого было бы вполне достаточно для полного удовлетворения человеческих потребностей в случае, если бы вся пресная вода (а именно этот 1 %) была распределена равномерно по тем местам, где обитает человек.

Сегодня Северная Азия, Средний Восток, большая часть Африки, северо-восток Мексики, большинство западных штатов Америки, Аргентина и Чили, а также практически весь Австралийский континент имеют неустойчивое водоснабжение пресной водой. Неверное использование грунтовых вод приводит к исчерпанию их запасов, скорость уменьшения которых составляет от 0,1 до 0,3 % в год. К примеру, только в США скорость отбора вод из подземных источников на 25 % выше, нежели скорость их естественного восстановления. Если такие темпы расходования ресурсов сохранятся и дальше, то уже через 20 лет некоторые районы в США станут непродуктивными. Также в США более 37 % таких водоемов, как озера, загрязнено и непригодно даже для купания. Приблизительно около 95 % воды является непригодной для употребления в пищу в развивающихся странах. Результатом таких изменений может стать снижение урожайности культур, рост числа заболеваний растений, увеличение численности и видов вредных насекомых. Все идет к тому, что экосистема становится неустойчивой, не может приспособиться к настолько быстро изменяющимся условиям.

Есть основания полагать, что при сохранении нынешних моделей потребления к 2025 г. две трети населения будет жить в странах, испытывающих дефицит воды. Для того чтобы к 2030 г. избавить мир от голода, меры надо принимать уже сейчас. Вот лишь три направления, где наши усилия помогут сохранить этот ценнейший ресурс.

1. Сельское хозяйство. Сельское хозяйство является одновременно и одной из основных причин дефицита воды, и главным «пострадавшим» в связи с этим дефицитом. На долю земледелия приходится почти 70 % всех водозаборов, а в ряде развивающихся стран этот показатель доходит до 95 %. Но при производстве продовольствия мы можем использовать воду более рационально. Например, количество воды, необходимой для выращивания сельскохозяйственных культур, существенно зависит от того, какие это культуры. В частности, у зернобобовых «водный след» очень невелик: так, для производства 1 кг чечевицы нужно всего 1250 л воды. А для производства 1 кг говядины необходимо 13 000 л воды.

2. Изменение климата. Ожидается, что в результате изменения климата дефицит воды будет усиливаться. Согласно прогнозам, к 2050 г. повышение

глобальной температуры может составить от 1,6 °С до целых 6 °С. И с каждым градусом глобального потепления порядка 7 % населения планеты будет терять не менее 20 % возобновляемых водных ресурсов. Более частые и суровые засухи сказываются на сельскохозяйственном производстве, а из-за повышения температуры возрастает потребность в воде, необходимой для растениеводства. Помимо повышения эффективности водопользования и производительности труда в сельском хозяйстве мы должны принять меры для сбора и повторного использования ресурсов пресной воды и повысить безопасность использования сточных вод. Засухи этим не предотвратить, но благодаря этому можно предотвратить голод и социально-экономические потрясения, которые являются следствием засух.

3. Продовольственные потери и пищевые отходы. Сокращение продовольственных потерь и пищевых отходов играет важную роль в повышении эффективности использования водных ресурсов. Ежегодно треть производимых в мире продуктов питания пропадает или идет в отходы. Из-за этого объем воды, впустую затрачиваемой в сельском хозяйстве, примерно в три раза превышает объем Женевского озера. Необходимо помнить: выбрасывая еду, мы напрасно тратим и те ресурсы, которые нужны для ее производства.

Продовольственные системы. В продовольственной производственно-сбытовой цепи вода очень часто используется неэффективно. Кроме того, такие ключевые решения, как выбор участка, технологии производства и поставщиков зачастую, принимаются без учета последствий хозяйственной деятельности для наличия и качества водных ресурсов, особенно если вода не является ограничивающим фактором ни в плане количества, ни по цене.

Решение проблемы дефицита воды составляет самую суть устойчивого развития [22].

3.3 Источники загрязнения гидросферы

На территории Беларуси расположены 20 800 рек, 10 000 озер и 144 водохранилища.

Основным загрязнителем гидросферы являются сточные воды: промышленные, бытовые и воды животноводческих ферм (рисунок 3.1). Сброс сточных вод может привести к нарушению экологического равновесия в водоемах и даже к гибели отдельных популяций.

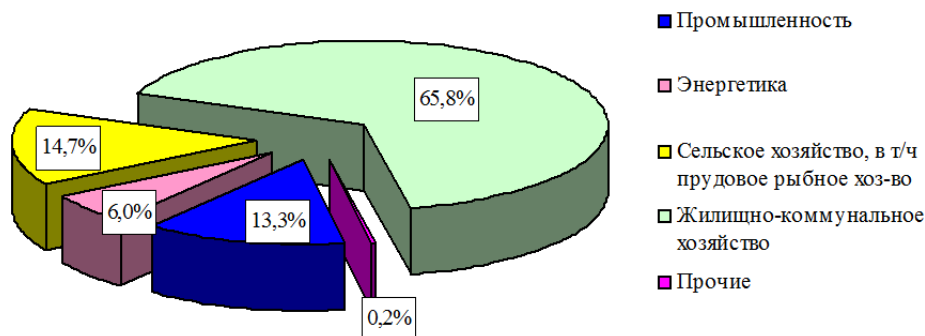


Рисунок 3.1. – Распределение объема сточных вод

Наибольший объем сточных вод приходится на долю предприятий жилищно-коммунального хозяйства, сельского хозяйства, промышленности и энергетики.

Наиболее распространенными загрязнителями водоемов являются нефтепродукты, фенолы, нитраты, уротропин, формальдегид, гидразин, соединения фтора, соли серной кислоты, ионы различных металлов и др. Особенно вредны нефтепродукты. Они образуют на воде непроницаемую пленку, препятствующую газообмену, в результате вода не насыщается кислородом. Недостаток в воде кислорода приводит к гибели фитопланктона – источника корма рыб и птиц. Химическое загрязнение воды (образование в ней кислот или щелочи) приводит к изменению показателя рН. При рН более 9,5 разрушается кожный покров рыб, а при рН менее 5 образуются различные кислоты, которые являются токсичными для рыб. Изменение показателя рН всегда отрицательно сказывается на состоянии флоры и фауны.

Значительно загрязняются водоемы и водотоки синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ). Они входят в состав синтетических моющих средств (СМС). Присутствие этих веществ в воде придает ей неприятный вкус и запах.

Огромную опасность для водоемов и водотоков представляют радиоактивные вещества, соединения тяжелых металлов. Так, ежегодно в воды мирового океана попадает около 200 000 т свинца, до 5000 т ртути и кадмия. В моря иногда осуществляется простой слив радиоактивных отходов, сброс отходов с целью захоронения (шлаки, строительный мусор), захоронение взрывчатых, химических и других веществ.

Показатели нормирования качества поверхностных вод:

– ПДК в питьевой воде (ПДКВП) – это такая концентрация загрязняющего вещества, которая не должна оказывать влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, мг/дм³;

– ПДК в воде водоёма хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКВ) – это такая концентрация загрязняющего вещества, которая не ухудшает гигиенические условия водопользования, мг/л;

– ПДК в воде водоёма, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКВР) – это такая концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых, мг/л;

– предельно допустимый сброс (ПДС) – это количество загрязняющих веществ в сточных водах, которое разрешено к сбросу в данной точке водоёма в единицу времени, г/час;

– индекс загрязнения воды (ИЗВ) – комплексный нормативный показатель, используемый при оценке состояния водного бассейна, загрязнённого смесью загрязнителей;

– индекс сапробности водного объекта (S) – нормативный показатель, позволяющий оценить загрязнённость воды микроорганизмами.

Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям водных объектов Республики Беларусь проводится в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Схема оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям водных объектов

Степень загрязнения. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям водных объектов Республики Беларусь	Индекс загрязнения воды	Класс качества воды
Очень чистые	≤ 0,3	I
Чистые	0,3 – 1,00	II
Умеренно загрязненные	1,00 – 2,50	III
Загрязненные	2,50 – 4,00	IV
Грязные	4,00 – 6,00	V
Очень грязные	6,00 – 10,00	VI
Чрезвычайно грязные	>10,00	VII

Характеристика зоны экологических ЧС по степени загрязнения питьевой воды:

- патогенные микроорганизмы, вызывающие какие-либо заболевания, имеют единичную встречаемость;
- процент положительных проб наличия кишечных палочек в 1 см³ воды составляет 50;
- содержание токсических веществ I класса опасности превышает ПДК в 2-3 раза;
- содержание токсических веществ II класса – в 5–10 раз;
- содержание токсических веществ III, IV классов – в 10–15 раз;
- кишечные патогенные простейшие в 1 дм³ воды – от 1 до 100;
- яйца тениид (ленточных червей) в 1 дм³ воды – от 1 до 10 и т. п.

Охрана и рациональное использование водных ресурсов ведется по следующим направлениям:

- организационные мероприятия (определение потенциальных источников водоснабжения и подготовка национальных водных кадастров, разработка национальных планов защиты и сохранения водных ресурсов, укрепление административных и законодательных мер по защите водных ресурсов);
- предупреждение загрязнения воды и меры по борьбе с загрязнением (применение принципа «загрязнитель платит», поощрение строительства очистных сооружений для бытовых и промышленных сточных вод, а также разработка соответствующих технологий очистки, установление норм в отношении сброса сточных вод, повторное использование сточных вод, обязательная экологическая экспертиза всех крупных водохозяйственных проектов, усиление контроля за промышленными установками, местами сброса отходов, определение и применение наиболее рациональных методов предупреждения распространения загрязнения промышленностью и сельским хозяйством);

- разработка и применение экологически чистой технологии (разработка биотехнологии для производства биоудобрений, разработка соответствующих методов борьбы с загрязнением вод);
- защита подземных вод (разработка сельскохозяйственных методов, которые не приводят к деградации подземных вод, создание водоохранных зон в районах подпитывания и забора подземных вод, проектирование и эксплуатация мусорных свалок, хранилищ (захоронения) вредных веществ на основе гидрогеологической и экологической экспертизы);
- защита водных экосистем (оздоровление загрязненных и деградировавших водоемов с целью восстановления водной среды и экосистем, сохранение и защита водно-болотных объектов, борьба с акватическими вредителями);
- защита живых ресурсов пресных вод (контроль и мониторинг качества воды с целью обеспечения устойчивого развития рыболовства, защита экосистем от загрязнения и деградации с целью обеспечения развития аквакультур);
- контроль и наблюдение за водными ресурсами и водами, в которые сбрасываются отходы (создание сетей мониторинга и постоянного контроля за водами, в которые поступают отходы, а также за точечными и рассеивающими источниками загрязнения, наблюдение за источниками, регулирование выдачи разрешений на сброс отходов, контроль за использованием в сельском хозяйстве химических веществ, которые могут оказать вредное воздействие на окружающую среду, предупреждение деградации и заиливания озер и других водоемов);
- разработка национальных и международных правовых документов, которые могут потребоваться для сохранения качества водных ресурсов [2].

3.4 Загрязнение вод мирового океана

Мировой океан играет важную роль в функционировании биосферы. В прошлом веке загрязнение носило локальный характер. Больше всего загрязняющих веществ наблюдалось в прибрежных зонах, рядом с промышленными центрами, а также рядом с крупнейшими судоходными путями. В последние годы ситуация изменилась – теперь загрязняющие вещества обнаруживают даже в водах высоких широт – рядом с полюсами. Таким образом, загрязнение носит масштабный характер и затрагивает все воды Мирового океана. На сегодняшний день известно, что загрязнение вод Мирового океана происходит тремя основными путями:

- через сток речных систем (при этом наиболее загрязнены зоны шельфа, а также участки около устьев крупных рек);
- через атмосферные осадки (так в Океан попадают прежде всего свинец и ртуть);
- вследствие неразумной хозяйственной деятельности человека непосредственно в Мировом океане.

Ученые выяснили, что основным путём загрязнения выступает речной сток (до 65 % загрязнителей поступает в океаны именно через реки). Около 25 % приходится на атмосферные осадки, еще 10 % – на сточные воды, менее 1 % – на выбросы с морских судов.

Виды загрязнения океана:

- физическое (бытовое);
- биологическое (загрязнение бактериями и различными микроорганизмами);
- химическое (загрязнение химикатами и тяжелыми металлами);
- нефтяное;
- тепловое (загрязнение подогретыми водами, сбрасываемыми ТЭС и АЭС);
- радиоактивное;
- транспортное (загрязнение морскими видами транспорта – танкерами и суднами, а также подводными лодками).

Самыми опасными являются отходы химических и металлургических предприятий, текстильных и целлюлозных фабрик, а также сельскохозяйственных комплексов. Особенно опасным является загрязнение Мирового океана пестицидами, в частности – альдрином, эндрином и дильдрином. Пестициды группы альдрин – хлорорганические соединения, представляют серьезную угрозу здоровью человека и окружающей среде. Все производные – высокотоксичные вещества (чрезвычайно токсичные, например, для хладнокровных – рыб, земноводных, пресмыкающихся), контаминанты, обладающие свойствами биоаккумуляции, отравляя тем самым пищевые цепи (превосходят ДДТ и гексахлоран), обладают устойчивостью к биохимическому разложению. Альдрин и все его производные в настоящее время относятся к запрещенным в производстве. Кроме пестицидов, крайне негативно на органический мир океана влияет трибутилловохлорид, который используется для окрашивания килей кораблей. К самым опасным загрязнителям относятся такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, медь, никель, мышьяк, хром и олово. Так, сейчас ежегодно в Мировой океан попадает до 650 тыс. т свинца, а содержание олова уже выше нормы.

Тонны пластмассовых отходов находятся сейчас в Мировом океане, и их количество возрастает. Существуют «пластиковые» острова огромных размеров (известно о пяти таких «пятнах»: два из них находятся в Тихом океане, еще два – в Атлантическом, и одно – в Индийском).

Мало изучены, а потому крайне непредсказуемы последствия загрязнения Мирового океана радиоактивными отходами. Известно, что один только Советский Союз в период с 1964 по 1986 гг. сбросил в Северный Ледовитый океан около 11 000 контейнеров с радиоактивным мусором. Также огромное количество смертоносных отходов попало в Мировой океан после крушения подлодок с радиоактивным материалом и масштабной аварии на атомной электростанции Фукусима-1 (в Японии, 11 марта 2011 в результате землетрясения и последовавшего цунами). Основная часть продуктов ядерного распада из реакторов попала не в воздух, как это произошло на Чернобыльской атомной электростанции, а в океан. Поэтому рыбный промысел ни в одном районе мира теперь не может быть абсолютно безопасным.

До десяти миллионов тонн нефти сбрасывается ежегодно в воды мирового океана. Еще около двух миллионов выносится в океан речным стоком. Самый крупный разлив нефти произошел в 1967 г. у берегов Великобритании. В результате крушения танкера Торрей Каньон тогда в море вылилось свыше 100 тыс. т нефти. Нефть попадает в море и в процессе бурения или эксплуатации нефтяных скважин в Мировом океане (до ста тысяч тонн в год). Попадая в морскую воду, она

образует так называемые «нефтяные пятна» или «нефтяные разливы» толщиной в несколько сантиметров в верхнем слое водной массы, а именно в нём, как известно, обитает очень большое количество живых организмов. Загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами несет в себе крайне негативные последствия, а именно: нарушение энергообмена и теплообмена между слоями водных масс; снижение альбедо морской воды; гибель многих морских обитателей; патологические изменения в органах и тканях живых организмов [21].

3.5 Основные направления охраны водных ресурсов

Охрана водных ресурсов заключается в запрещении сброса в водоемы и водотоки неочищенных вод, создании водоохраных зон, содействии процессам самоочищения в водных объектах, сохранении и улучшении условий формирования поверхностного и подземного стока на водосборах. На всех водопользователей в законодательном порядке возлагается обязанность сокращать объёмы изъятия и потери воды, не допускать засорения, истощения и загрязнения водных объектов.

Водные ресурсы являются ключевым фактором для устойчивого развития, экологического благополучия и социально-экономического процветания. Однако в условиях растущей демографической нагрузки, изменения климата и антропогенного [воздействия на окружающую среду](#) проблема сохранения и рационального использования водных ресурсов становится все более актуальной.

3.5.1 Оптимизация водопотребления

Внедрение водосберегающих технологий.

Применение современных водосберегающих технологий, таких как капельное орошение, очистка и повторное использование сточных вод, установка счетчиков воды, способствует снижению потребления воды и сокращению водных потерь.

Рациональное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве. Сельское хозяйство является одним из основных потребителей воды. Внедрение методов рационального водопользования, таких как оптимизация системы орошения, использование культур, требующих меньше воды, и мульчирование почвы, может существенно сократить потребление водных ресурсов.

3.5.2 Защита и восстановление водных экосистем

Охрана исходных водоемов и рек. Осуществление комплексных мер по охране исходных водоемов и рек, таких как установление охранных зон, контроль за [загрязнением](#), регулирование водосбросов, способствует сохранению качества водных ресурсов и предотвращению их истощения.

Восстановление водных экосистем. Восстановление поврежденных водных экосистем (в частности, очистка загрязненных водоемов, создание искусственных водохранилищ и зон воспроизводства рыбы) улучшает состояние водных ресурсов и способствует их устойчивому развитию.

3.5.3 Профилактика загрязнения вод

Мониторинг и контроль качества воды. Регулярное проведение мониторинга и контроля качества [водных ресурсов](#) позволяет своевременно выявлять источники загрязнения и принимать меры по их устранению. Важным аспектом является разработка и внедрение нормативов по допустимому уровню загрязнения воды, а также контроль за их соблюдением.

Совершенствование системы обработки сточных вод. Оптимизация и модернизация систем обработки сточных вод, включая промышленные и бытовые очистные сооружения, снижает нагрузку на водные ресурсы и предотвращает их загрязнение. Важным направлением является также внедрение технологий повторного использования очищенных сточных вод.

3.5.4 Образование и информирование общественности

Пропаганда водосберегающих практик. Повышение уровня экологического образования и информирования общественности о важности сохранения водных ресурсов и водосберегающих практик способствует формированию экологической культуры и сознательному использованию водных ресурсов.

Вовлечение местного сообщества и организаций. Активное вовлечение местного сообщества и различных организаций, включая предприятия, некоммерческие организации и образовательные учреждения, в процесс сохранения водных ресурсов позволяет объединить усилия и сделать мероприятия более эффективными.

Рекомендации по сохранению водных ресурсов

1. *Разработка комплексных стратегий и программ.* Для успешного сохранения водных ресурсов необходимо на государственном и местном уровне разрабатывать и реализовывать комплексные стратегии и программы, которые будут включать все вышеупомянутые мероприятия.

2. *Международное сотрудничество.* Учитывая трансграничный характер водных ресурсов, международное сотрудничество является ключевым инструментом для эффективного решения проблемы их сохранения. Участие в международных конвенциях, соглашениях и партнерствах, а также совместные исследовательские и образовательные проекты способствуют распространению лучших практик и внедрению инновационных технологий.

3. *Поддержка научных исследований и инноваций.* Инвестиции в научные исследования и разработку инновационных технологий в области водных ресурсов позволяют находить новые и эффективные методы сохранения воды, а также улучшать существующие подходы и практики.

Сохранение водных ресурсов является приоритетным направлением устойчивого развития и экологической безопасности. Внедрение водосберегающих технологий, оптимизация водопользования, защита и восстановление водных экосистем, профилактика загрязнения воды и образовательная работа с общественностью – основные мероприятия, направленные на сохранение и рациональное [использование водных ресурсов](#).

Совместные усилия государства, бизнеса и гражданского общества в области сохранения водных ресурсов и рационального водопользования могут

существенно повысить уровень экологической безопасности и обеспечить долгосрочное устойчивое развитие. Важным аспектом является разработка и реализация государственной политики в области водных ресурсов, включая законодательное регулирование, стимулирование инвестиций в инновационные технологии и поддержку образовательных и научных программ.

Решение проблемы сохранения водных ресурсов требует комплексного подхода и активного сотрудничества всех заинтересованных сторон. Только таким образом можно добиться устойчивого развития и сохранить водные ресурсы для будущих поколений [22].

Тема 4. Экологические проблемы использования земельных и лесных ресурсов

4.1 Эколого-экономическое и санитарно-гигиеническое значение почвенных ресурсов

Почвенные ресурсы являются одной из самых необходимых предпосылок обеспечения жизни на Земле. Однако их роль в настоящее время недооценивается. Почва как элемент биосферы призвана обеспечить биохимическую среду для человека, животных и растений. Только почвой могут быть обеспечены полноценные условия для производства продуктов питания, корма для животных. Неотъемлемыми функциями почвы как природного тела является накопление атмосферных осадков и регулирование водного баланса, концентрация элементов питания растений, образование и обеспечение чистоты подземных вод. Рассмотрим для примера типы почв России.

По оценкам научных учреждений, почвы сельхозугодий теряют ежегодно около 1,5 млрд т плодородного слоя вследствие проявления эрозии. Термин «эрозия» происходит от латинского глагола *erodere* – разъедать. Эрозия представляет собой разрушение и снос почвенного покрова (иногда и почвообразующих пород) потоками воды или ветром. При этом разрушается самый плодородный верхний слой почвы.

Почвенный покров – важнейшее природное образование. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой основной источник продовольствия, обеспечивающий 95–97 % продовольственных ресурсов для населения планеты. Особое свойство почвенного покрова – его плодородие, под которым понимается совокупность свойств почвы, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур. Естественное плодородие почвы связано с запасом питательных веществ в ней и ее водным, воздушным и тепловым режимами. Почва обеспечивает потребность растений в водном и азотном питании, являясь важнейшим агентом их фотосинтетической деятельности. Плодородие почвы зависит также от величины аккумулированной в ней солнечной энергии. Растительность аккумулирует ежегодно большое количество солнечной энергии в ходе фотосинтеза и создания биомассы, трансформируясь в $n \cdot 10^{10}$ т органического

вещества. Большая часть синтезированного органического вещества вследствие его разложения возвращается в почву и воду. Потребление фитомассы человеком оценивается величиной порядка $3,6 \cdot 10^8$ т.

Почвенный покров принадлежит к саморегулирующейся биологической системе, являющейся важнейшей частью биосферы в целом. Живые организмы, растения и животные, населяющие Землю, фиксируют солнечную энергию в форме фито- или зоомассы. Продуктивность наземных экосистем зависит от теплового и водного балансов земной поверхности, который определяет многообразие форм обмена энергией и веществом в пределах географической оболочки планеты.

Обеспеченность человечества земельными ресурсами определяется мировым земельным фондом, составляющим 13,4 млрд га. Обрабатываемые (прежде всего пахотные) земли в основном сосредоточены в лесных, лесостепных и степных зонах нашей планеты. Немалое значение имеют луга и пастбищные земли, которые обеспечивают 10 % пищи, потребляемой человечеством.

Земельные ресурсы планеты позволяют обеспечить продуктами питания больше населения, чем имеется в настоящее время и будет в ближайшем будущем. Вместе с тем в связи с ростом населения, особенно в развивающихся странах, количество пашни на душу населения сокращается. Еще 10–15 лет назад душевая обеспеченность пашней населения Земли составляла 0,45–0,5 га, в настоящее время она составляет уже 0,35–0,37 га. Душевая обеспеченность пахотными угодьями меняется в широких пределах [12].

4.2 Экологические проблемы в области использования земельных ресурсов

Загрязнение почв пестицидами. Источником загрязнений сельскохозяйственных угодий являются минеральные удобрения, ядохимикаты, часть из которых содержат в своём составе ртуть и другие тяжёлые металлы. Также на протяжении нескольких десятилетий для борьбы с вредителями и сорняками в сельском хозяйстве применяются различные пестициды, которые накапливаются в почве и сохраняются там длительное время.

Пестициды загрязняют окружающую среду не только при их применении на полях, но и в процессе производства, хранения, перевозки и уничтожения. Они провоцируют рак, наследственные нарушения иммунной системы, болезни почек и печени, заболевания нервной системы, расстройства зрения и т. д. В развивающихся странах ежегодно 25 млн человек отравляются и 20 тыс. умирает в результате воздействия пестицидов.

Опустынивание земель. Чтобы предупредить опустынивание земель, необходимо оптимизировать использование природных ресурсов, совершенствовать структуру посевных площадей, нормировать использование пастбищ, расширить запасы водных ресурсов, стимулировать природозащитные производства.

Загрязнение почв токсинами промышленного происхождения. Настоящим бедствием для страны являются отходы. Ежегодно в Беларуси образуется в среднем порядка 60 млн т отходов производства и 4 млн т коммунальных отходов.

В составе отходов производства наибольшими объемами образования характеризуются так называемые крупнотоннажные отходы (отходы производства калийных удобрений и фосфогипса). На их долю приходится порядка 65 % годового выхода, а также свыше 95 % общего объема накопленных отходов производства по стране. Огромное количество токсичных отходов хранится и захоранивается в совершенно не приспособленных для этого местах. Основной объем отходов размещается на свалках, в отвалах и полигонах. В Беларуси нет ни одного предприятия (полигона) по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов, отвечающего современным требованиям.

Атомные электростанции выгружают из реакторов 98-99 % отходов, представляющих собой продукты расщепления урана. Всё это затем складывается в почву, образуя радиоактивное загрязнение. Часть отходов атомной энергетики хранится на территории АЭС.

Особо стоит выделить проблему загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Массовые разливы нефти называются уже экологическими катастрофами. Также возможны аварийные выбросы, которые сопровождаются оседанием вредных токсичных веществ. Так происходят техногенные загрязнения почвы.

Химическое загрязнение почв. В городах и зонах их влияния имеются территории, загрязненные свинцом, цинком, кадмием, сульфатами. В этой связи первоочередное значение приобретает организация систематического мониторинга загрязнения почв тяжелыми металлами и другими токсинами.

Для рационального использования и охраны земельных ресурсов необходимо:

- создание необходимых экономических, правовых и организационных условий для рационального землепользования и охраны почв, в том числе по внедрению эколого-безопасных систем земледелия;
- совершенствование земельных отношений путем обеспечения равных условий для всех субъектов хозяйствования;
- дальнейшее ведение государственного земельного кадастра и мониторинга, в том числе радиоэкологического, проведение геохимического многоцелевого картирования территории;
- оптимизация структуры земельного фонда путем перепрофилирования низко-продуктивных и экологически неустойчивых земель;
- изменение стратегии мелиорации земель – ограничение нового мелиоративного строительства при приоритете реконструкции и модернизации устаревших систем с осуществлением мероприятий по сохранению торфяных почв и предотвращению их минерализации.

Решение задач по совершенствованию земельных отношений, рациональному землепользованию, осуществлению мер по защите почвенного покрова от деградации и истощения должно привести к устойчивости землепользования и форм хозяйствования на земле, оптимизации использования сельхозземель.

Улучшение и охрана земель включает комплекс конкретных мероприятий, направленных на улучшение качественных характеристик земельного фонда и предотвращение деградации земель. Наиболее актуальными в условиях республики являются работы по реабилитации земель, загрязненных радионуклидами,

защите земель от водной и ветровой эрозии, сохранению мелиорированных земель и, особенно, осушенных торфяников, рекультивации нарушенных земель, облесению малопродуктивных сельскохозяйственных земель и прочих неиспользуемых земель.

Особенность предстоящего периода обусловлена необходимостью перераспределения и трансформации земель, связанных с консервацией и выводом из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных сельскохозяйственных земель и интенсификацией использования наиболее пригодных для этих целей земельных участков. Совершенствование земельных отношений и механизма регулирования землепользования призвано стимулировать местные органы исполнительной и распорядительной власти и землепользователей к проведению работ по улучшению и охране земель.

Вместе с тем эту задачу, особенно на переходном этапе, следует считать общегосударственной, что обуславливает необходимость разработки и реализации очередной государственной программы охраны и рационального использования земель. Кроме этого, основными направлениями деятельности в этой программной области должны стать:

- разработка региональных схем использования земельных ресурсов, схем и проектов землеустройства, в которых будут выявляться конфликтные в экологическом отношении земли, комплексно обоснована эколого-экономическая целесообразность, виды, объемы и объекты улучшения и охраны земель;

- обоснованное развитие сети особо охраняемых природных территорий и объектов, экологической сети, увеличение площади средостабилизирующих видов земель;

- формирование полного перечня возможных требований и ограничений на хозяйственное использование земель и доведение их до землепользователей путем регистрации в государственном земельном кадастре и внесения в документы, удостоверяющие права на землю;

- повышение роли государственного контроля за использованием и охраной земель, в соблюдении всеми землепользователями требований и ограничений, определенных законодательством и утвержденных в установленном порядке схемами и проектами.

- осуществление мероприятий по сохранению земель в рамках реализации Республикой Беларусь Конвенции ООН о биоразнообразии, изменении климата, борьбе с опустыниванием и деградацией земель [29].

4.3 Лесные ресурсы Республики Беларусь.

Санитарно-гигиеническое значение лесных ресурсов

Лес представляет собой природный комплекс, в составе которого преобладают деревья одного или многих видов, растущие близко друг от друга и образующие более или менее сомкнутый древостой.

Лесные ресурсы – один из важнейших видов биологических ресурсов. Они включают стволовые запасы древесины, разнообразные недревесные ресурсы: технические (пробку и др.), кормовые, охотничье-промысловые, пищевые (грибы,

плоды, ягоды, орехи и т. д.), лекарственные растения. Их принято рассматривать вместе с занимаемыми ими землями.

Лес рассматривается как совокупность земли, древесной, травяной кустарниковой растительности, микроорганизмов и других компонентов окружающей среды.

Значение лесов для природы или экологических систем:

- лес является средой обитания большого разнообразия животных организмов и средой сохранения их генофонда;
- водоохранная и водорегулирующая функция;
- почвоохранная и противоэрозийная функция;
- климаторегулирующая функция;
- газообразующая функция.

Значение леса для социальных систем, т. е. для общества:

- санитарно-гигиеническая;
- кислородообразующая;
- функция рекреации;
- эстетическая функция.

Значение леса для экономики или хозяйственной деятельности:

- источник древесного сырья;
- источник пищевых продуктов;
- ресурс кормовых продуктов;
- источник минерально-технического сырья;
- источник лекарственного сырья.

Лесной фонд – совокупность всех лесов страны натурального и искусственного происхождения, включает покрытые лесом земли, а также земли, предназначенные для лесного хозяйства.

Растительность Беларуси характеризуется значительным разнообразием составляющих видов и выраженной зональностью их расселения по территории страны. Естественной растительностью покрыто 65,9 % территории, из них лесной – 36,0 %, луговой – 15,8 %, болотной – 11,5 % и кустарниковой – 3,1 % от общей площади Беларуси.

В составе лесов Беларуси преобладают хвойные насаждения – 63,4 %, и более половины их – сосна. На втором месте – ель, она легче переносит загрязнение атмосферы, но предъявляет повышенные требования к условиям увлажнения, чутко реагирует на колебания уровня грунтовых вод. Значительна доля мягколиственных пород (березы, осины, ольхи и др.) – более 30,0 %, в меньшей степени представлены твердолиственные (дуб, ясень, клен, граб) – всего 3,9 % лесопокрытых земель. Средний возраст лесов – 47 лет.

Выделяют следующие группы лесов:

1) первую группу составляют леса, выполняющие преимущественно водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции (занимают 45,7 % площади лесного фонда):

- а) подгруппа IA (заповедники, заказники, памятники природы и т. д.);
- б) подгруппа IB (лесопарки, городские леса, леса прибрежных полос рек, полезачитные лесные полосы, леса с ограниченным режимом лесопользования и т. д.);

в) подгруппа IV:

– леса природных заказников республиканского значения, зоны регулируемого использования национальных парков;

– леса водоохранных зон по берегам рек и водоемов, кроме прибрежных полос;

– леса зеленых зон городов и населенных пунктов, а также леса в районах с недостаточными лесными ресурсами (с лесистостью менее 15 %), для сохранения которых требуется ограничение режима лесопользования;

– защитные полосы лесов вдоль железных и автомобильных дорог;

2) вторую группу образуют хозяйственные леса, которые наряду с экологическим имеют эксплуатационное значение (в структуре лесного фонда занимают 54,3%).

Экологические проблемы лесопользования РБ:

– пожары;

– подверженность лесов вредителями и болезнями;

– захламление лесов несанкционированными свалками мусора;

– несанкционированные вырубки лесов;

– замещение естественных природных экосистем ранее нехарактерными для РБ системами.

Режим лесопользования в первую очередь определяется размером расчетной лесосеки. Расчетная лесосека – это норма ежегодных объемов рубок леса или количество готовой продукции, которая может быть изъята из дальнейшего производства для заготовки лесоматериалов. Она рассчитывается исходя из наличия спелой древесины, характера воспроизводства, потребности в древесине, а также соблюдения принципа непрерывного и неистощимого пользования лесом.

4.4 Особо охраняемые природные территории и их роль в сохранении биологического разнообразия Беларуси

Особо охраняемые природные территории – это участки земли и части водного пространства, природные комплексы, имеющие особое экологическое, научное, культурное значение.

Все объекты, подлежащие охране, объединены в единую систему.

Заповедники являются исключительно природоохранными научно-исследовательскими учреждениями государственного значения, в задачи которых входит:

– сохранение в натуральном состоянии природного комплекса, входящего в состав заповедника;

– проведение научных исследований;

– организация мониторинга окружающей среды;

– содействие в подготовке научных кадров и специалистов в области охраны природы;

– популяризация природоохранных взглядов и дела охраны природы.

В настоящее время функционируют Березинский биосферный и Полесский радиационно-экологический заповедники, общая площадь которых 297,3 тыс. га.

Национальные парки – это комплексные природоохранно-хозяйственные и научно-исследовательские учреждения, задачами которых являются:

- сохранение эталонных и уникальных природных комплексов и объектов природы;
- организация экологического просвещения и воспитания населения;
- проведение научных исследований;
- организация рекреационной деятельности;
- ведение комплексного хозяйства и некоторые др.

Беловежская пуца, Припятский, Нарочанский и Браславские озера; общая площадь – 337,5 тыс. га.

Заказники определены как территории, выделенные с целью сохранения и восстановления одного или нескольких видов природных ресурсов и поддержания общего экологического баланса. В зависимости от предназначения заказники подразделяются:

- на ландшафтные, или комплексные, определенные для сохранения и восстановления особо ценных природных ландшафтов и комплексов;
- на биологические (ботанические, зоологические);
- на палеонтологические (их назначение – сохранение отдельных ископаемых объектов и их комплексов);
- на гидрологические (болотные, озерные, лесные) [12].

4.5 Генная инженерия и возможные риски.

Биоиндикация как метод определения степени загрязнения геофизических сред

4.5.1 Генная инженерия

Генная инженерия – это метод биотехнологии, который занимается исследованиями по перестройке генотипов. *Генотип* – это не просто механическая сумма генов, а сложная, сложившаяся в процессе эволюции организмов система. Генная инженерия позволяет путем операций в пробирке переносить генетическую информацию из одного организма в другой. Перенос генов дает возможность преодолевать межвидовые барьеры и передавать отдельные наследственные признаки одних организмов другим.

Любой прогресс биотехнологий растений будет зависеть от разработки генетических систем и инструментов, которые позволят более эффективно управлять трансгенами. Будущее, очевидно, будет за управляемым переносом генов от сорта к сорту, основанным на применении предварительно подготовленного растительного материала, уже содержащего в нужных хромосомах участки гомологии и необходимого для гомологичного встраивания трансгена. Кроме этого, учёные занимаются поиском генов, кодирующих новые полезные признаки.

Ещё несколько лет тому назад биотехнология растений заметно отставала в своем развитии, но за последние годы наблюдается быстрый выброс на рынок

трансгенных растений с новыми полезными признаками. Генетически изменённые растения с устойчивостью к различным классам гербицидов в настоящее время являются наиболее успешным биотехнологическим продуктом.

Современная биотехнология в состоянии манипулировать многими важнейшими признаками, которые можно разделить на группы.

1. В сельскохозяйственном производстве к ним можно отнести повышение общей продуктивности растений за счет регулирования синтеза фитогормонов или дополнительного снабжения кислородом растительных клеток, а также признаки, обеспечивающие устойчивость к разного рода вредителям, кроме этого, в создании форм растений с мужской стерильностью и возможностью дольше сберегать урожай.

2. К признакам, которые влияют на качество продукции, относится возможность манипулировать молекулярным весом жирных кислот. Растения будут производить биodeградирующий пластик по цене, сопоставимой с полиэтиленом, получаемым из нефти. Открылась возможность получения крахмала с заданными физико-химическими свойствами. Аминокислотный состав у растений запасных белков становится более сбалансированным и легко усвояем для млекопитающих. Растения становятся продуцентами вакцин, фармакологических белков и антител, что позволяет сократить число разных заболеваний, в том числе и онкологических. Получены и испытываются трансгенные растения хлопка с уже окрашенным волокном более высокого качества.

4.5.2 Биоиндикация

Биоиндикатор – это биосистема того или иного уровня организации, по состоянию которой судят о естественном или антропогенном изменениях в среде.

Биоиндикация – оценка качества окружающей среды (ОС) с помощью анализа состояния биоиндикаторов, определенным образом реагирующих на ее изменение.

Преимущества биоиндикации:

– биоиндикаторы постоянно присутствуют в среде и вырабатывают стойкие ответные реакции на появление внешнего воздействия, в том числе залповые и кратковременные, позволяющие адекватно судить о концентрации даже спустя длительное время, что важно при проведении периодических мониторинговых наблюдений и не всегда удается сделать с помощью анализа среды физико-химическими методами;

– биоиндикаторы способны вырабатывать индикаторные ответные реакции на комплексное воздействие, исключая необходимость подробного анализа состава и уровня содержания физических и химических компонентов, снижая финансовые и временные затраты на проведение исследований;

– биоиндикаторы позволяют судить не только о содержании в среде загрязнителей физического, химического и биологического происхождения, но и о скорости в природе загрязняющих процессов, а также о возможных путях распространения загрязнителей, помогая прогнозировать изменение качества ОС в перспективе;

Оценка характера ответных реакций биоиндикаторов, их длительности, амплитуды и обратимости необходима для разработки критериев экологического нормирования качества ОС и позволяет определить пределы допустимой нагрузки на ОС [23].

Тема 5. Рациональное использование ресурсов недр

5.1 Классификация природных ресурсов

Минерально-сырьевые ресурсы – это природные вещества минерального происхождения, используемые для получения энергии, сырья и материалов. Используются в сфере производства товаров, промышленности, являются материальной основой и активным элементом роста производства.

Минеральное топливо (уголь, нефть, природный газ) – основной источник энергии и важнейшее промышленное сырье. Переработка минерального топлива является базой формирования промышленных комплексов (нефтехимических, газохимических, углехимических). Минеральное топливо используется в тяжелой промышленности, черной и цветной металлургии, химической промышленности, в строительном комплексе для производства цемента, кирпича, извести, стекла и керамических изделий.

Для минерально-сырьевых ресурсов характерны:

- резкая неравномерность размещения;
- невозобновляемость конкретных видов ресурсов;
- возможность восполнения разведкой, освоения новых объектов;
- разнообразие горнотехнических и природно-экономических условий эксплуатации;
- ограниченность крупных и благоприятных месторождений (среднегодовая мировая добыча полезных ископаемых к концу XX в. достигла 8–10 млрд т).

Общая классификация полезных ископаемых. Полезное ископаемое – природное минеральное образование земной коры неорганического и органического происхождения, которое может быть использовано в народном хозяйстве.

Полезные ископаемые, в зависимости *от области хозяйственного применения*, разделяются на группы:

- топливно-энергетическую (нефть, природный газ, ископаемый уголь, горючие сланцы, торф, урановые руды);
- рудную (железная и марганцевая руды, хромиты, медные, свинцово-цинковые, никелевые, вольфрамовые, оловянные, руды благородных металлов);
- горно-химического сырья (фосфориты, апатиты, поваренная и калийные соли, сера, бром и йодсодержащие растворы);
- природных (минеральных) строительных материалов и нерудных полезных ископаемых, к которым примыкают технические и драгоценные камни (мрамор, гранит, горный хрусталь, алмаз и др.);
- гидроминеральные (подземные пресные и минерализованные воды).

Действует *классификация с разделением полезных ископаемых на четыре категории* – А, В, С и С2:

- категория А – наиболее разведанные месторождения с точно определенными границами залегания и подготовленные для добычи;

- категория В – предварительно разведанные запасы полезных ископаемых с примерно определенными границами залегания;
- категория С – разведанные в общих чертах месторождения;
- категория С2 – перспективные запасы, выявленные за пределами разведанных частей месторождений.

Категории А и В используются при разработке текущих планов и прогнозов, С и С2 – при обосновании долгосрочных прогнозов, планировании геологоразведочных работ.

Классификация полезных ископаемых по пригодности для использования:

- балансовые – целесообразно разрабатывать при современном уровне техники и экономики;
- забалансовые – запасы, которые при имеющейся технике не могут быть эффективно использованы;
- прогнозные – оцениваемые в качестве возможных [26].

5.2 Минеральные ресурсы Республики Беларусь и их оценка

В настоящее время в недрах РБ выявлено и разведано почти 5 тыс. месторождений, представляющих около 30 видов минерального сырья. Важнейшими полезными ископаемыми, добыча которых наиболее существенно воздействует на экономику страны, являются калийные и каменные соли, нефть, торф, строительные материалы и сырье для их производства, подземные пресные и минеральные воды.

Топливные минеральные ресурсы РБ включают нефть, нефтяные газы, торф, бурый уголь и горючие сланцы. Горно-химическое сырье представлено калийными и каменными солями, фосфоритами, минерализованными рассолами. Наибольшее народнохозяйственное значение имеют калийные соли. Территория Беларуси перспективна на руды черных и цветных металлов. Беларусь имеет довольно мощную минерально-сырьевую базу для производства строительных материалов. Наиболее значительны запасы цементного сырья, доломита, мела, строительного и облицовочного камня, глин для производства грубой керамики и легких заполнителей, силикатных и строительных песков, песчано-гравийных и других материалов. Вместе с тем ощущается дефицит в стекольных песках, глинах для производства качественного кирпича. Расширяются исследование и вовлечение в эксплуатацию минеральных подземных вод.

Основные направления рационального использования и охраны минеральных ресурсов. [Кодекс РБ о недрах](#) определяет требования по рациональному использованию и охране недр:

- соблюдение установленного законодательством страны порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами;
- полное и комплексное геологическое изучение недр, обеспечивающее достоверную оценку запасов полезных ископаемых;
- недопущение порчи разрабатываемых месторождений полезных ископаемых в результате пользования недрами;

- обеспечение полного извлечения из запасов полезных ископаемых и сопутствующих компонентов;
- рациональное использование вскрышных пород;
- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других бедствий, снижающих качество и промышленную ценность полезных ископаемых.

Направления геологоразведочных работ:

- поиск и разведка месторождений нефти и газа;
- поиск и подготовка к промышленному освоению бурых углей;
- оценка перспектив алмазности;
- разведка запасов железных руд;
- подготовка к промышленному освоению минерализованных рассолов;
- поиск и разведка новых месторождений полезных ископаемых.

Планы и прогнозы включают разработку экологически безопасных и экономически эффективных технологий добычи, переработки и использования минерального сырья, повышение коэффициента извлечения полезных ископаемых.

Составлены схемы охраны природы (оценка современного состояния природной среды, прогноз природных процессов в условиях антропогенного воздействия) [12].

5.3 Причины и последствия энергетического кризиса в мире

Глобальный энергетический кризис, вероятно, является кризисом глобальной системы управления энергией. Для этого есть ряд причин.

5.3.1 Значение углеводородов

Человечество зависит от энергии, которая была ключом к его быстрому промышленному росту и технологическому развитию. Темпы развития после промышленной революции беспрецедентны. Всего 200 лет назад в мире произошла энергетическая революция, положившая начало индустриальному веку.

Катализатором этого эпохального изменения был обычный черный уголь, богатый энергией углеводородов. Столетие спустя нефть и газ были добыты, чтобы утолить жажду промышленности. Человек все еще полагается главным образом на эти [ископаемые виды топлива](#).

Тем не менее, существуют и многие другие виды энергии: гидро-, солнечная, ядерная, ветровая, геотермальная, биогазовая и волновая. Эти виды энергии являются не только возобновляемыми, но и чистыми. Поскольку углеводороды исчерпаемы и их использование угрожает здоровью человека и окружающей среде, возникла необходимость перехода от невозобновляемых к возобновляемым и чистым энергетическим ресурсам, с тем чтобы можно было обеспечить устойчивый экономический рост и предотвратить деградацию окружающей среды.

Однако мировая энергетика не готова перейти сейчас на возобновляемые источники энергии. Потребление в последнее время ископаемого топлива возросло

из-за быстрой индустриализации развивающихся стран, таких как Китай и Индия. Однако основная доля углеводородов потребляется развитыми странами, такими как США, Россия, Япония и западноевропейские государства. Ископаемые виды топлива также являются основным источником энергии для отопления домов, эксплуатации автотранспортных средств и выработки электроэнергии.

Если добыча ископаемого топлива останется постоянной, то, по оценкам, запасы будут исчерпаны в ближайшее время и появится проблема нехватки сырья. Нефтяной кризис, когда цены на бензин взлетели, был ранним симптомом такого сценария. Растущий спрос в сочетании со спекуляциями об истощении запасов ископаемого топлива вызвал стремительный рост цен, который стал главным катализатором экономических кризисов в мире.

Энергетический кризис вызван непропорциональной зависимостью от невозобновляемых энергетических ресурсов ископаемого топлива. Так, уголь, нефть и газ вместе составляют 85 % от общего объема мирового энергоснабжения (37 % нефти, 25 % угля и 23 % газа).

В то же время возобновляемые виды энергии – гидро-, солнечная, ветровая, ядерная, геотермальная, биогазовая и волновая – составляют лишь 15 % общемировой доли энергоснабжения. Кроме того, это чистые источники энергии. Несмотря на их огромные преимущества, возобновляемые источники энергии не используются в достаточной степени по многим причинам. Причины могут включать технологические барьеры, первоначальные затраты и политическое принуждение. Как наименее развитые, так и развивающиеся страны в основном сталкиваются с технологической отсталостью и препятствиями, в то время как развитые страны слишком медленно и неохотно передают свою технологию из-за более высоких затрат и политических причин.

5.3.2 Главная причина кризиса – мировое распределение энергии

Мировое распределение потребления энергии показывает, что наиболее развитые страны являются самыми крупными потребителями ископаемого топлива.

США, которые являются самой развитой страной в технологическом отношении и самой богатой в экономическом отношении, потребляют 25 % от общего объема мирового производства энергии, в то время как их население составляет лишь пять процентов от мирового. Это делает США самой значительной страной-потребителем энергии на душу населения.

На втором месте идет Япония, которая потребляет 6 %. Западноевропейские страны, которые также являются технологически развитыми, потребляют 15 % мировой энергии.

Китай, растущая экономика, потребляет 9 % мировых энергетических ресурсов.

При этом остальная часть мира потребляет лишь 45 % производимой энергии.

Это потребление резко контрастирует с производством в отношении регионального распределения. Поскольку США имеют лишь 2,4 % мировых запасов нефти и 3,5 % запасов газа, Япония импортирует 75 % своих энергетических потребностей, Китай импортирует более 50 % своих энергетических потребностей.

Крупнейшие запасы ископаемого топлива находятся на Ближнем Востоке и в России. Арабские страны обладают 61 % мировых запасов нефти, но они не являются крупными потребителями. Это неравномерное распределение потребления и производства – одна из причин энергетического кризиса.

5.3.3 Прочие причины кризиса энергии

Другие причины глобального энергетического кризиса включают рост спроса, ужесточение предложения, политическую неопределенность в нефтедобывающих странах и отсутствие разнообразия ресурсов.

1. *Рост спроса.* Поскольку мировая экономика в основном зависит от ископаемого топлива, спрос на нефть и газ чрезвычайно возрастает.

2. *Ужесточение предложения.* Поставки нефти и газа в основном зависят от мощности по откачке из запасов. Хотя организация нефтедобывающих стран (ОПЕК) увеличила предложение во время пика кризиса в 2008 г., но этого было недостаточно для удовлетворения спроса на рынке. Еще одним фактором, определяющим поставки нефти, является волатильный ценовой механизм. Поскольку спекуляции вызывают рост цен, нефтедобывающие страны получают более высокую прибыль. Эта тенденция привела к появлению новой политической концепции – ресурсного национализма. Международные компании столкнулись с более жесткими условиями и оказались отрезанными от наиболее перспективных нефтяных бассейнов земного шара.

3. *Политическая неопределенность нефтедобывающих стран.* На энергетический кризис также влияет политическая ситуация в ресурсных странах. К сожалению, политическая обстановка во всех нефтедобывающих регионах нестабильна.

4. *Зависимость от конкретных ресурсов.* Природа наделила человека бесконечными ресурсами энергии, но человек поставил себя в зависимость от конечных ресурсов. Отсутствие разнообразия ресурсов является главной причиной энергетических кризисов. Вместо того чтобы осваивать новые технологии, промышленный рост в развивающихся странах все больше зависит от ископаемых видов топлива. Такое значение энергетики сделало ее важным элементом во внешней политике независимых государств. XXI век стал свидетелем нефтяных войн. Помимо этих конфликтов, ископаемое топливо наносит ущерб нашей окружающей среде. Углеводороды являются главным источником парниковых газов – углекислого газа, метана, фтора, которые вызывают глобальное потепление. На сжигание угля приходится 43 % выбросов углерода. На нефть и газ приходится еще 40 % выбросов CO₂.

5.4 Способы добычи и переработки нефти. Основные мировые транспортные потоки

Нефть – природное ископаемое топливо, представляющее собой маслянистую жидкость мутно-жёлтого или светло-коричневого, вплоть до чёрного, цветов,

обладающую специфическим запахом. Вследствие содержания в составе значительного количества разнообразных углеводородов это естественное сырьё стало занимать лидирующее положение среди других энергетических ресурсов.

Важнейшим достоинством нефти является возможность выделять при сгорании значительное количество тепловой энергии. Именно это качество, а также возможность транспортировки на значительные расстояния, превратили её в чёрное золото – самый востребованный энергоресурс планетарного масштаба. Кроме того, этот вид минерального сырья является основой нефтехимической отрасли, позволяющей получать широкий спектр веществ, столь необходимых для многих отраслей промышленности, энергетики и транспорта.

5.4.1 Методы добычи нефти

Основные залежи нефти присутствуют в подземных месторождениях, представляющих собой пустоты, расположенные на глубине, не превышающей 3 км. Чтобы её извлечь, строятся скважины, позволяющие с помощью шахт достичь необходимой отметки залегания. Не вдаваясь во все технологические тонкости, методы добычи нефти в зависимости от уровня давления внутри пласта, способа его обеспечения и технологии извлечения подразделяются на три вида:

– *первичный*. Нефтедержащая жидкость покидает своё место пребывания (коллектор нефтяной залежи) в результате воздействия естественных сил природы. Обычно её место занимает вода или газы. Если существующего давления недостаточно для самостоятельного выхода нефти (фонтанирования), то подключаются специальные насосы. При таком методе добычи нефтеотдача скважины, как правило, не превышает 15 %;

– *вторичный*. После исчерпания возможностей первичного метода нефтедобычи на смену ему приходит вторичный метод, суть которого заключается в искусственном нагнетании давления внутрь залежи. Осуществляется это с помощью закачивания в пласт воды из близлежащих пресных водоёмов или газов естественного происхождения (воздух и продукты его разделения, попутный или природный газ). Подобные технологические решения увеличивают нефтеотдачу до 30 %;

– *третичный*. Следующим этапом увеличения добычи нефти, позволяющим повысить продуктивность до 45 %, является третичный метод, в основу которого положены воздействия, повышающие энергетический уровень залегающего природного ресурса. Легко догадаться, что это прежде всего повышение температуры, приводящее к увеличению столь необходимого для извлечения нефти физического параметра – давления. Но именно третичный метод, взятый на вооружение нефтяниками III тысячелетия, позволил обеспечить мировую экономику миллионами баррелей нефти.

5.4.2 Процессы переработки нефти

Полученная в результате добычи нефть мало используется в чистом виде. Гораздо больший интерес представляют продукты её переработки – разнообразные виды топлива, а также исходные материалы для химической промышленности.

Первичная переработка нефти. Поступающее по трубопроводам или по железной дороге, а также транспортируемое водным путём с помощью танкеров сырьё подвергается очистке и разделяется на фракции на нефтеперерабатывающих заводах. В этом и заключается суть первичной переработки.

1. *Подготовка нефти.* Доставленная на предприятия нефть содержит в своём составе примеси: газ, воду, твёрдые частицы, от которых необходимо избавиться. На этапе подготовки она подвергается:

- очистке от примесей механического происхождения;
- освобождению от углеводородов пониженной плотности (обычно газообразных);
- обезвоживанию совместно с электрообессоливанием.

2. *Атмосферная перегонка.* Очищенная нефть поступает в цилиндрическую вертикальную (ректификационную) колонну, где подвергается воздействию пара, движущегося снизу вверх. В результате нагрева, достигающего до температуры 4000 °С, она разделяется на фракции:

- бензиновую;
- керосиновую;
- дизельную;
- жидкий мазут.

3. *Вакуумная дистилляция.* Вакуум-дистилляция применяется для выделения из мазута масляных дистиллятов и вакуумного газойля – продукции, необходимой для выпуска топлива, масел, парафина и целого ряда продуктов нефтепереработки и нефтехимии. Оставшаяся тяжёлая фракция представляет собой гудрон, служащий для производства таких строительных материалов, как битум и мазут.

Вторичная переработка нефти. Так как продукция первичной переработки нефти не отличается необходимыми товарными свойствами, то для улучшения качества её подвергают вторичной переработке.

1. *Риформинг.* Процесс каталитического риформинга, в основе которого лежит просачивание жидкости сквозь слой платинового катализатора, предназначен для получения высокооктанового бензина и ароматических углеводородов.

2. *Гидроочистка.* Этот технологический процесс используется для снижения количества примесей под воздействием водорода. При этом уменьшается количество смол, асфальтенов, а также веществ, имеющих в своём составе большое количество кислорода.

3. *Каталитический крекинг.* Это один из основных процессов вторичной переработки нефти, имеющий целью повышение октанового числа бензина, получение углеводородных газов и кокса. Суть его заключается в получении мелких молекул из более крупных соединений с помощью нагрева и применения катализатора.

4. *Гидрокрекинг.* Для получения дизельного топлива и одного из компонентов автомобильного бензина – бензина гидрокрекинга, осуществляется расщепление средней фракции вакуумной дистилляции (газойля) в присутствии значительного количества водорода.

5. *Коксование*. Процесс бескислородного нагрева тяжёлых нефтяных фракций остатков вторичной переработки носит название «коксование». Целью его является получения нефтяного кокса – продукта, имеющего высокую стойкость к воздействию коррозии.

6. *Изомеризация*. Получение изомерного углеводородного сырья для нефтехимии и ряда компонентов бензина не может обойтись без изомеризации – изменения молекулярной структуры вещества с сохранением его качественных и количественных параметров.

7. *Алкилирование*. Цель повышения октанового числа бензина заставила технологов разработать данный процесс использования малоценных крекинговых продуктов в качестве важных компонентов бензина. Суть его заключена в молекулярном воздействии на исходный материал с помощью алкилов – частиц предельных углеводородов.

Хранение и транспортировка. Для хранения нефти применяют специальные вертикальные резервуары надземного и подземного типов. Как правило, современные хранилища представляют собой хорошо организованные структуры – нефтебазы, предназначенные для приёма и распределения нефти.

Транспортировка голубого топлива осуществляется с помощью:

- нефтеналивных танкеров – судов ёмкостью до 30 000 т, перевозящих этот жидкий вид энергоресурса по морям и рекам;
- нефтепроводов, позволяющих перемещать огромные объёмы нефти на значительные расстояния с минимумом затрат подземным способом;
- железнодорожных цистерн, доставляющих нефть в незначительных объёмах в отдалённые местности;
- автомобильный вид транспорта экономически не выгоден для доставки сырой нефти, поэтому его используют для перевозки готовых нефтепродуктов конечным потребителям [2].

5.5 Крупнейшие техногенные катастрофы в местах добычи топливных ресурсов

Ниже представляем самые страшные случаи разлива нефти в истории.

1. Разлив во время войны в Персидском заливе:

- дата: 19 января 1991 г.;
- место: Персидский залив, Кувейт;
- объем разлитой нефти: 8 млн баррелей.

Война в Персидском заливе (2 августа 1990 г. – 28 февраля 1991г.) – война между многонациональными силами во главе с США, по мандату ООН, и Ираком за освобождение и восстановление независимости Кувейта.

Война имела тяжелые экологические последствия для региона. В последние недели оккупации Кувейта иракские войска организовали сброс нефти в Персидский залив.

Пытаясь предотвратить попадание нефти в залив, авиация Многонациональных сил подвергла бомбардировке ряд нефтенасосных станций с применением высокоточного оружия. Тем не менее до конца войны в залив вылилось

около 8 млн баррелей нефти. Это нанесло серьезный ущерб экологии Персидского залива, привело к гибели 30 тыс. птиц.

При отступлении из Кувейта иракская армия подожгла нефтяные скважины, тушение которых было завершено лишь в ноябре. После окончания войны из-за густого дыма от горящих скважин разбился транспортный самолет Саудовской Аравии, перевозивший сенегальских солдат антииракской коалиции (более 90 человек погибло).

В Кувейте, Турции, ОАЭ шли черные дожди. На «высыхание» 320 озер ушло все последующее десятилетие. По оценке ВВС, в результате войны произошла одна из самых тяжелых экологических катастроф в истории.

2. Нефтяной фонтан в Калифорнии:

- дата: 1910 г.;
- место: штат Калифорния, США;
- объем разлитой нефти: почти 11 млн баррелей.

Один из первых крупных разливов нефти в истории произошел 14 мая 1910 г. в Калифорнии. В результате на поверхности земли оказалось около 1 млн 300 тыс. тонн нефти.

Сначала скважину пытались закрыть коробкой из бревен, потом пришлось ее взорвать. Место разлива огородили стеной из мешков с песком, постоянно ее достраивая. Через 18 месяцев нефтяной фонтан перестал бить. Следы аварии видны до сих пор, на этом месте установлен памятник.

3. Взрыв нефтяной платформы Deepwater Horizon:

- дата: 20 апреля 2010 г.;
- место: Мексиканский залив;
- объем разлитой нефти: 5 млн баррелей.

Взрыв нефтяной платформы Deepwater Horizon – авария (взрыв и пожар), произошедшая 20 апреля 2010 г. в 80 км от побережья штата Луизиана в Мексиканском заливе на нефтяной платформе Deepwater Horizon на месторождении Макондо.

Последовавший после аварии разлив нефти стал крупнейшим в истории США и превратил аварию в одну из крупнейших техногенных катастроф по негативному влиянию на экологическую обстановку.

В момент взрыва на установке Deepwater Horizon погибло 11 человек и пострадало 17 из 126 человек, находившихся на борту. В конце июня 2010 г. появились сообщения о гибели еще 2 человек при ликвидации последствий катастрофы.

Через повреждения труб скважины на глубине 1500 м в Мексиканский залив за 152 дня вылилось около 5 млн баррелей нефти, нефтяное пятно достигло площади 75 тыс. кв. км, что составляет около 5 % площади Мексиканского залива.

4. Разлив нефти с платформы Ixtoc I:

- дата: 3 июня 1979 г.;
- место: Залив Кампече, Мексика;
- объем разлитой нефти: 4 млн баррелей.

Ixtoc I – бывшая нефтяная скважина, созданная полупогружной нефтеразведочной платформой Sedco 135. Находилась в заливе Кампече на юге Мексиканского залива, около 100 км к северо-западу от города Сьюдад-дель-Кармен,

на глубине около 50 м. Авария на скважине 3 июня 1979 г. привела к одному из крупнейших нефтяных разливов в истории.

Компания Pemex (Petróleos Mexicanos), принадлежащая правительству Мексики, производила бурение нефтяной скважины на глубине более 3 км, когда в буровой установке Sedco 135 остановилась циркуляция (давление в стержне) бурового раствора.

В современных системах роторного бурения буровой раствор прогоняется вниз бурильной скважины и обратно. Целью этого является поддержание давления в буровом валу и контроль возврата раствора, вытесняющего газ из пласта.

Из-за произошедшего из месторождения под напором прорвалась нефть, что привело к ее возгоранию на поверхности моря, и платформа Sedco 135 загорелась и рухнула в море.

На начальном этапе разлива из скважины вытекало около 30 тыс. баррелей (5 тыс. куб. м) нефти в сутки.

В июле 1979 г. с помощью закачки бурового раствора в скважину выброс снизился до 3 тыс. куб. м, а в августе – до 2 тыс. куб. м в сутки.

Для уменьшения загрязнения производилось распыление химических диспергаторов (корексит). Окончательно остановить утечку удалось только к марту 1980 г. при помощи бурения дополнительных скважин рядом с аварийной.

5. Разлив в результате столкновения судов Atlantic Empress и Aegean Captain:

- дата: 19 июля 1979 г.;
- место: у берегов Тринидад и Тобаго;
- объем разлитой нефти: 287 тыс. т.

В 1979 г. около острова Тобаго в Карибском море столкнулись два танкера – Atlantic Empress и Aegean Captain. Atlantic Empress полыхал на протяжении недели, после чего прогремело несколько взрывов и нефть из него стала выливаться со скоростью десятков тонн в час.

Этот разлив нефти стал самым масштабным в истории судоходства – целых 287 тыс. тонн. Нефть не дошла до берега, однако любой разлив нефти не проходит для окружающей среды бесследно, тем более когда речь идет о таких грандиозных объемах.

6. Разлив на реке Колва:

- дата: 8 сентября 1994 г.;
- место: река Колва, Россия;
- объем разлитой нефти: 220 тыс. т.

В 1994 г. России произошла катастрофа, связанная с транспортом нефти и нефтепродуктов.

Так, самая крупная авария, вызвавшая разлив свыше 100 тыс. т нефти (по некоторым данным, 220 тыс. т), произошла в 1994 г. на нефтепроводе Хаяряга – Усинск.

Вплоть до возникновения экологической катастрофы в 1994 г. на нефтепроводе не проводились в полном объеме ни ремонтные работы, ни устройство антикоррозийной защиты.

7. Разлив на месторождении Новруз:

- дата: 10 февраля – 18 сентября 1983 г.;
- место: Персидский залив, Иран;
- объем разлитой нефти: 260 тыс. т.

Нефтяное месторождение Новруз находится в Иране, Персидский залив. Оно стало известным благодаря нескольким разливам нефти, которые произошли в 1983 г.

Один из них был спровоцирован ударом танкера о платформу, а в марте произошло нападение иранских вертолетов, после чего горючее загорелось.

Воздействие волн и коррозия стали причиной того, что началась утечка со скоростью 1500 баррелей в сутки. Кроме того, был случай попадания топлива в море во время нападения на соседнюю платформу.

В общей сложности объем всей нефти, оказавшейся в Персидском заливе, оценивается в 80 млн галлонов, или 260 тыс. т нефти.

8. Крушение танкера Castillo de Bellver:

- дата: 6 августа 1983 г.;
- место: Залив Салданья, ЮАР;
- объем разлитой нефти: 250 тыс. т.

Танкер Castillo de Bellver загорелся и развалился пополам в 100 км от Кейптауна (ЮАР).

В Индийский океан вылилось более 250 тыс. тонн нефти. Течение унесло нефтяную пленку в океан, и побережье ЮАР не пострадало.

9. Крушение танкера Amoco Cadiz:

- дата: 16-17 марта 1978 г.;
- место: у побережья Франции;
- объем разлитой нефти: 223 тыс. т.

В 1978 г. танкер Amoco Cadiz сел на мель неподалеку от побережья Франция. Быстро локализовать утечку нефти из-за штормовой погоды не удалось. В результате катастрофы погибло около 20 тыс. птиц. В спасательных работах принимали участие более 7 тыс. человек. В воду вылилось 223 тыс. т нефти, образовав пятно размером в 2 тыс. кв. км. Нефть распространилась также на 360 км побережья Франции. На тот момент эта авария была крупнейшей экологической катастрофой в истории Европы.

10. Крушение танкера ABT Summer:

- дата: 28 мая 1991 г.;
- место: у побережья Анголы;
- объем разлитой нефти: 260 тыс. т.

28 мая 1991 г. перевозивший 260 тыс. т сырой нефти танкер ABT Summer взорвался на расстоянии 1400 км от побережья Анголы. Корабль трое суток горел, и его остов так и не был обнаружен. К счастью, открытое море разнесло нефть в разные стороны и серьезного экологического ущерба удалось избежать [25].

Тема 6. Возобновляемые источники энергии и особенности их использования

6.1 Возобновляемая энергетика

Возобновляемая энергия (ВЭ) – ресурс, получаемый из природных источников, которые способны пополняться быстрее, чем их расходуют. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) можно смело назвать полной противоположностью ископаемому топливу, ведь оно является невозобновляемым: для формирования нефти, газа, угля потребуются миллионы лет.

Возобновляемая (альтернативная) энергетика – направление энергетики, основанное на производстве электрической энергии за счет возобновляемых источников.

Возобновляемыми называют такие источники энергии, запасы которых могут быть восполнены в природе естественным образом. Основное преимущество возобновляемой энергетики заключается в том, что она не требует использования невозполнимых природных ресурсов – нефти, угля и газа. В отличие от современной атомной энергетики, «зеленая» энергетика, основанная на использовании возобновляемых источников энергии, не представляет угрозы для окружающей среды.

К возобновляемым источникам энергии относятся: энергия солнца, энергия ветра, энергия воды, в том числе энергия сточных вод, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов; геотермальная энергия, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках.

Главным фактором, тормозящим развитие ВИЭ, является высокая себестоимость получаемой энергии. Однако с течением времени стоимость «зеленой» энергии постепенно снижается, в то время как стоимость энергии, получаемой от ископаемых источников, продолжает неуклонно расти. Таким образом, эффективность внедрения ВИЭ постоянно повышается. Говоря о будущем энергетике, мировые и отечественные эксперты все чаще делают ставку на возобновляемые источники.

6.1.1 Источники возобновляемой энергии

Энергия солнечного света. Данный вид энергетики основывается на преобразовании электромагнитного солнечного излучения в электрическую или тепловую энергию.

Солнечные электростанции используют энергию Солнца как напрямую (фотозлектрические СЭС, работающие на явлении внутреннего фотоэффекта), так и косвенно – используя кинетическую энергию пара.

К СЭС косвенного действия относятся:

– *башенные* – концентрирующие солнечный свет гелиостатами на центральной башне, наполненной соевым раствором;

– *солнечные пруды* – представляют собой небольшой бассейн глубиной в несколько метров имеющий многослойную структуру. Верхний – конвективный слой – пресная вода; ниже расположен градиентный слой с увеличивающейся книзу концентрацией рассола; в самом низу слой крутого рассола. Дно и стенки покрыты чёрным материалом для поглощения тепла. Нагрев происходит в нижнем слое, так как рассол имеет более высокую по сравнению с водой плотность, увеличивающуюся при нагреве из-за лучшей растворимости соли в горячей воде, конвективного перемешивания слоёв не происходит и рассол может нагреваться до 100 °С и более. В рассольную среду помещён трубчатый теплообменник, по которому циркулирует легкокипящая жидкость (аммиак и др.) и испаряется при нагреве, передавая кинетическую энергию паровой турбине.

Крупнейшая электростанция подобного типа находится в Израиле, её мощность 5 Мвт, площадь пруда 250 000 м², глубина 3 м.

Энергия ветра. Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, тепловую и любую другую форму энергии для использования в хозяйстве. Преобразование происходит с помощью ветрогенератора (для получения электричества), ветряных мельниц и многих других видов агрегатов. Энергия ветра является следствием деятельности солнца, поэтому она относится к возобновляемым видам энергии.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, заметаемой лопастями генератора. Например, турбины мощностью 3 МВт (V90) производства датской фирмы Vestas имеют общую высоту 115 м, высоту башни 70 м и диаметр лопастей 90 м.

Наиболее перспективными местами для производства энергии из ветра считаются прибрежные зоны. В море, на расстоянии 10–12 км от берега (а иногда и дальше), строятся офшорные ветряные электростанции. Башни ветрогенераторов устанавливаются на фундаментах из свай, забитых на глубину до 30 метров.

Ветряные генераторы практически не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет эксплуатации позволяет сэкономить примерно 29 тыс. т угля или 92 тыс. баррелей нефти.

В перспективе планируется использование энергии ветра не посредством ветрогенераторов, а более нетрадиционным образом.

Гидроэнергия. Гидроэнергетика – область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию.

На гидроэлектростанциях, в качестве источника энергии используется потенциальная энергия водного потока, первоисточником которой является Солнце, испаряющее воду, которая затем выпадает на возвышенностях в виде осадков и стекает вниз, формируя реки. Гидроэлектростанции обычно строят на реках,

сооружая плотины и водохранилища. Также возможно использование кинетической энергии водного потока на так называемых свободно поточных (бесплотинных) ГЭС.

Особенности:

- себестоимость электроэнергии на ГЭС существенно ниже, чем на всех иных видах электростанций;
- генераторы ГЭС можно достаточно быстро включать и выключать в зависимости от потребления энергии;
- возобновляемый источник энергии;
- значительно меньшее воздействие на воздушную среду, чем другими видами электростанций;
- строительство ГЭС обычно более капиталоемкое;
- часто эффективные ГЭС более удалены от потребителей;
- водохранилища часто занимают значительные территории;
- плотины зачастую изменяют характер рыбного хозяйства, поскольку перекрывают путь к нерестилищам проходным рыбам, однако часто благоприятствуют увеличению запасов рыбы в самом водохранилище и осуществлению рыбоводства.

Энергия приливов и отливов. Электростанциями этого типа являются особого вида гидроэлектростанции, использующие энергию приливов. Приливные электростанции строят на берегах морей, где гравитационные силы Луны и Солнца дважды в сутки изменяют уровень воды.

Для получения энергии залив или устье реки перекрывают плотиной, в которой установлены гидроагрегаты, которые могут работать как в режиме генератора, так и в режиме насоса (для перекачки воды в водохранилище для последующей работы в отсутствие приливов и отливов). В последнем случае они называются «гидроаккумулирующая электростанция».

Преимуществами приливных электростанций являются экологичность и низкая себестоимость производства энергии, недостатками – высокая стоимость строительства и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего приливная электростанция может работать только в единой энергосистеме с другими типами электростанций.

Энергия волн. Волновые электростанции используют потенциальную энергию волн, переносимую на поверхности океана. Мощность волнения оценивается в кВт/м. По сравнению с ветровой и солнечной энергией энергия волн обладает большей удельной мощностью. Несмотря на схожую природу с энергией приливов, отливов и океанских течений волновая энергия представляет собой отличный от них источник возобновляемой энергии.

Геотермальная энергия. Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на производстве электрической энергии за счёт энергии, содержащейся в недрах земли, на геотермальных станциях. Обычно относится к альтернативным источникам энергии, использующим возобновляемые энергетические ресурсы.

В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается

к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным тёплым водам возможен при помощи глубинного бурения скважин. Более чем такие паротермы распространены сухие высокотемпературные породы, энергия которых доступна при помощи закачки и последующего отбора из них перегретой воды. Высокие горизонты пород с температурой менее 100 °С распространены и на множестве геологически малоактивных территорий, потому наиболее перспективным считается использование геотермальной энергии в качестве источника тепла.

Хозяйственное применение геотермальных источников распространено в Исландии и Новой Зеландии, Италии и Франции, Литве, Мексике, Никарагуа, Коста-Рике, Филиппинах, Индонезии, Китае, Японии, Кении.

Главным достоинством геотермальной энергии является её практическая неиссякаемость и полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года.

Существуют следующие принципиальные возможности использования тепла земных глубин. Воду или смесь воды и пара в зависимости от их температуры можно направлять для горячего водоснабжения и теплоснабжения, для выработки электроэнергии либо одновременно для всех этих целей. Высокотемпературное тепло околонулканического района и сухих горных пород предпочтительно использовать для выработки электроэнергии и теплоснабжения. От того, какой источник геотермальной энергии используется, зависит устройство станции.

Главная из проблем, которые возникают при использовании подземных термальных вод, заключается в необходимости возобновляемого цикла поступления (закачки) воды (обычно отработанной) в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (например, бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности.

Наибольший интерес представляют высокотемпературные термальные воды или выходы пара, которые можно использовать для производства электроэнергии и теплоснабжения.

Биомасса и биогаз. *Биомасса* – неископаемые органические вещества биологического происхождения.

Первичная биомасса – растения, непосредственно (или без химической обработки) используемые для получения (добычи) энергии. К ним относятся прежде всего отходы сельского и лесного хозяйства.

Вторичная биомасса – остатки переработки первичной биомассы веществ – прежде всего в результате их потребления человеком и животными или переработки в домашнем хозяйстве или промышленности. К ним относятся прежде всего навоз, жидкий компост, жидкие стоки очистных сооружений.

Биотопливо – отходы сельскохозяйственного производства, пищевой и других видов промышленности, органическое вещество сточных вод и городских свалок – отходы, состоящие из биологического сырья – веществ биологического происхождения.

Биомасса представляет собой весьма широкий класс энергоресурсов. Ее энергетическое использование возможно через сжигание, газификацию, пиролиз и биохимическую переработку анаэробного сбраживания жидких отходов с получением спиртов или биогаза. Каждый из этих процессов имеет свою область применения и назначение.

Некоммерческое использование биомассы (проще говоря, сжигание дров) наносит большой ущерб окружающей среде. Хорошо известны проблемы обезлесения и опустынивания в Африке, сведения тропических лесов в Южной Америке. С другой стороны, использование древесины от энергетических плантаций является примером получения энергии от органического сырья с суммарными нулевыми выбросами диоксида углерода.

Биогаз является одним из видов биотоплива, которое получают из биомассы. Поскольку биогаз производится из биомассы, он относится к одному из видов возобновляемых источников энергии.

Биогаз получают из биологического материала живых организмов (органического вещества), и он формируется в процессе биологического распада этого органического вещества при отсутствии кислорода. Биогаз можно получать из городских органических отходов, лесосечных отходов, растительного материала, навоза и других источников. Биогаз состоит в основном из метана и диоксида углерода и может содержать небольшое количество сероводорода.

6.1.2 Меры поддержки возобновляемых источников энергии

На данный момент существует достаточно большое количество мер поддержки возобновляемых источников энергии. Некоторые из них уже зарекомендовали себя как эффективные и понятные участникам рынка. Приведем и охарактеризуем эти меры.

Зеленые сертификаты. Под зелеными сертификатами понимаются сертификаты, подтверждающие генерацию определенного объема электроэнергии на основе ВИЭ. Данные сертификаты получают только квалифицированные соответствующим органом производители. Как правило, зеленый сертификат подтверждает генерацию 1МВт·ч, хотя данная величина может быть и другой. Зеленый сертификат может быть продан либо вместе с произведенной электроэнергией, либо отдельно, обеспечивая дополнительную поддержку производителя электроэнергии. Для отслеживания выпуска и принадлежности «зеленых сертификатов» используются специальные программно-технические средства (WREGIS, M-RETS, NEPOOL GIS). В соответствии с некоторыми программами сертификаты можно накапливать (для последующего использования в будущем) либо занимать (для исполнения обязательств в текущем году). Движущей силой механизма обращения зеленых сертификатов является необходимость выполнения компаниями обязательств, взятых на себя самостоятельно или наложенных правительством. В зарубежной литературе «зеленые сертификаты» также известны как Renewable Energy Certificates (RECs), Green tags, Renewable Energy Credits.

Возмещение стоимости технологического присоединения. Для повышения инвестиционной привлекательности проектов на основе ВИЭ государственными органами может предусматриваться механизм частичной или полной

компенсации стоимости технологического присоединения возобновляемых источников к сети.

Фиксированные тарифы на энергию ВИЭ («зелёные» тарифы). Накопленный в мире опыт позволяет говорить о фиксированных тарифах как о самых успешных мерах по стимулированию развития возобновляемых источников энергии. В основе данных мер поддержки ВИЭ лежат три основных фактора:

- гарантия подключения к сети;
- долгосрочный контракт на покупку всей произведенной ВИЭ электроэнергии;
- гарантия покупки произведенной электроэнергии по фиксированной цене.

Фиксированные тарифы на энергию ВИЭ могут отличаться не только для разных источников возобновляемой энергии, но и в зависимости от установленной мощности ВИЭ. Одним из вариантов системы поддержки на основе фиксированных тарифов является использование фиксированной надбавки к рыночной цене энергии ВИЭ. Как правило, надбавка к цене произведенной электроэнергии или фиксированный тариф выплачиваются в течение достаточно продолжительного периода (10–20 лет), тем самым гарантируя возврат вложенных в проект инвестиций и получение прибыли.

Система чистого измерения. Данная мера поддержки предусматривает возможность измерения отданного в сеть электричества и дальнейшее использование этой величины во взаиморасчетах с электроснабжающей организацией. В соответствии с «системой чистого измерения» владелец ВИЭ получает розничный кредит на величину, равную или большую выработанной электроэнергии. В соответствии с законодательством, во многих странах электроснабжающие организации обязаны предоставлять потребителям возможность осуществления чистого измерения.

6.2 Возобновляемые источники энергии в Республике Беларусь

В Республике Беларусь в соответствии с [Законом Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии»](#), экологическим вопросам уделяется пристальное внимание: реализуются государственные программы, совершенствуется законодательство, разрабатываются основополагающие документы в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Развитие альтернативных источников энергии в Беларуси – хороший пример «зеленой» экономики. Суть использования альтернативных источников энергии заключается в том, чтобы снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как нефть, газ и уголь, и сократить их негативное воздействие на окружающую среду.

Ветроэнергетика. В Беларуси активно используется *перспективная ветроэнергетика*.

Как работают ветроэнергетические установки? Ветряки, или ветрогенераторы, используются для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию. Они работают по следующему принципу: ветер, попадая через поверхность лопастей, создает вращательное движение, которое передается на генератор.

Основные компоненты ветряка:

– *лопасти* – это элементы, которые позволяют ветру создавать вращательное движение. Лопасти могут быть изготовлены из различных материалов, включая стекловолокно, кевлар, углеродное волокно и др. Они могут иметь различные формы и размеры в зависимости от конструкции ветряка;

– *вал* – это компонент, который передает вращательное движение от лопастей на генератор. Валы могут быть сделаны из различных материалов, включая сталь, алюминий или композитные материалы;

– *генератор* – это компонент, который преобразует вращательное движение в электрическую энергию. Генераторы обычно имеют постоянные магниты и катушки, которые работают вместе для создания переменного тока;

– *башня* – это компонент, который поддерживает лопасти и генератор на высоте. Башни могут быть различных высот и форм, в зависимости от местности и размеров ветряка.

Когда ветер дует на лопасти ветряка, они начинают вращаться, передавая вращение на вал и генератор. Генератор преобразует механическую энергию в электрическую, которая затем передается на электрическую сеть или хранится в батареях. Контроллер управляет направлением лопастей, чтобы максимизировать количество собираемой энергии, а тормозная система контролирует скорость вращения лопастей, чтобы предотвратить повреждение ветряка в случае слишком сильного ветра.

В Беларуси уже работают 112 ветроэнергетических установок. В нашей стране построена самая высокая ветроэнергетическая установка в СНГ. Она находится вблизи деревни Асмолевичи Мстиславского района Могилевской области. Мощность новой установки – 3,4 МВт, высота мачты – 142 метра и размах лопастей – 136 метров.

Гидроэнергетика. *Как работают гидроэлектростанции?* Гидроэлектростанции (ГЭС) работают на основе использования потенциальной энергии воды, накопленной в резервуарах, и ее преобразования в электрическую энергию. Ниже приведены основные этапы работы гидроэлектростанций:

– *захват воды:* вода захватывается из реки или потока при помощи специальных заслонок и направляется в резервуар;

– *регулирование потока:* для поддержания стабильного уровня воды в резервуаре гидроэлектростанция может использовать системы для регулирования водного потока. К таким системам относятся специальные шлюзы, которые могут открываться и закрываться для контроля потока воды;

– *перемещение воды:* вода перемещается от резервуара к турбинам ГЭС посредством системы трубопроводов, которые могут быть очень длинными. Это позволяет сохранять высокий уровень потенциальной энергии воды;

– *преобразование энергии*: когда вода достигает турбины, ее кинетическая энергия используется для приведения турбины во вращение. Турбина в свою очередь вращает генератор, который преобразует механическую энергию в электрическую;

– *производство электроэнергии*: электрическая энергия, полученная генератором, передается через трансформаторы, которые увеличивают напряжение до уровня, необходимого для передачи по электрической линии. Эта электроэнергия может использоваться для питания местных потребителей, передаваться по электрической сети в другие регионы или храниться в аккумуляторных батареях;

– *возвращение воды*: после преобразования энергии воды, она возвращается в реку или поток. Как правило, это происходит через систему отвода, которая позволяет управлять скоростью потока воды.

Гидроэлектростанции имеют ряд преимуществ, таких как возможность гибкого управления их работой, высокая производительность и низкие эксплуатационные затраты.

Несмотря на некоторые недостатки, гидроэлектростанции являются одними из наиболее надежных и эффективных альтернативных источников энергии. Они могут производить большое количество электроэнергии и не выбрасывают в атмосферу углекислый газ и другие вредные вещества, что делает их одними из наиболее экологически чистых источников энергии. Всего в Беларуси 52 гидроэлектростанции. Их установленная электрическая мощность – 96,2 МВт. Крупнейшие – Витебская и Полоцкая ГЭС. В 2022 г. ими суммарно выработано 236 млн кВт·ч электроэнергии, что позволило сэкономить свыше 75 тыс. т условного топлива.

Солнечная энергия. *Как работают солнечные электростанции?* Солнечные электростанции используют энергию солнечного света для производства электроэнергии. Они состоят из солнечных панелей, которые преобразуют солнечный свет в электрический ток.

Каждая солнечная панель содержит множество солнечных элементов, или фотоэлементов, которые состоят из кремния или других полупроводниковых материалов. Когда фотоэлементы получают солнечный свет, они генерируют электрический ток благодаря фотоэлектрическому эффекту.

Этот электрический ток собирается в проводах и направляется в инвертор, который преобразует постоянный ток (производимый солнечными панелями) в переменный ток, используемый в электросети. Затем электрический ток направляется в электросеть, где он может быть использован для питания бытовых и промышленных устройств.

Солнечные электростанции могут быть установлены на крышах зданий, на земле или на водной поверхности. Они не выделяют вредных веществ в окружающую среду, их эксплуатация требует минимального обслуживания, и они могут производить электричество в течение длительного времени при наличии солнечного света. Однако производство электроэнергии с помощью солнечных электростанций требует достаточно больших затрат на их установку и оборудование, а производство энергии может снижаться в случае облачной погоды или ночью.

Электробусы – это еще один пример «зеленой» экономики в Республике Беларусь.

Электробусы – это автобусы, которые используют электрическую энергию вместо топлива, такого как бензин или дизельное топливо. Электробусы могут использовать одну из нескольких технологий для хранения и использования электроэнергии.

Одна из наиболее распространенных технологий – это литий-ионные батареи. Батареи хранят электрическую энергию, которая затем используется для питания электрических двигателей, приводящих автобус в движение.

Электрические двигатели могут быть на колесах или на оси, в зависимости от конкретной модели электробуса. Электробусы могут быть заряжены путем подключения к зарядной станции, которая подает электрический ток в батареи, пока они полностью не зарядятся.

Электробусы имеют несколько преимуществ перед автобусами с двигателями внутреннего сгорания. Они не выбрасывают вредные вещества, такие как диоксид углерода или оксиды азота, в атмосферу, что делает их более экологически чистыми. Они гораздо более тихие и имеют более низкие эксплуатационные расходы, так как их батареи могут быть заряжены из недорогих источников электроэнергии, таких как ветряные или солнечные электростанции.

На данный момент в Беларуси функционирует более 100 электробусов, большая часть которых работает и обслуживается в Минске.

Солнечные электростанции. В начале 2022 г. общая установленная мощность солнечных электростанций (СЭС) в мире составила 849,5 ГВт. Прогнозируется, что к 2026 г. она вырастет в два раза. За последние 10 лет отмечаются снижение средней удельной стоимости строительства СЭС на 15,3 % в год и уменьшение средней стоимости производства электроэнергии на 17 % в год. На начало 2021 г. среднемировая стоимость постройки СЭС составляла 883 \$/кВт, генерации – 0,057 \$/кВт*ч для новых электростанций.

В Беларуси насчитывается более 70 солнечных электрических станций, их суммарная мощность в 2021 г. составила 160 МВт. Самая большая фотоэлектрическая станция, или солнечная электростанция, мощностью 55 МВт работает в Речицком районе [2].

Тема 7. Способы переработки и утилизации отходов

7.1 Отходы производства и потребления

Отходы – вещества или предметы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности, жизнедеятельности человека и не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства.

Производитель отходов – юридическое или физическое лицо, в том числе индивидуальный предприниматель, экономическая деятельность, жизнедеятельность которого приводит к образованию отходов.

Основопологающим документом в области обращения с отходами является [Закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами»](#), который определяет правовые основы обращения с отходами и направлен на предотвращение, уменьшение объемов образования отходов и максимальное их использование, а также предотвращение вредного воздействия отходов на окружающую среду, здоровье людей, имущество, находящееся в государственной собственности, имущество юридических и физических лиц.

Количество отходов ежегодно возрастает и, по некоторым оценкам, достигло уже критической массы. Для их размещения из хозяйственного оборота изымаются все новые и новые земли. Образование и накопление отходов производства и потребления ведет к нарушению экологического равновесия природной среды и представляет реальную угрозу здоровью людей. Все отходы, в зависимости от источников их образования, делятся на производственные и бытовые (отходы потребления).

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ, потерявшие полностью или частично исходные потребительские качества, а также попутные вещества, которые образуются в процессе производства и не находят использования в этом производстве. По своему физико-химическому составу отходы делятся на твердые, жидкие и газообразные. Примером последних могут служить газы, образующиеся при разложении мусора, или газы предприятий. Жидкие отходы представляют собой вещества, растворенные в использованной воде, сбрасываемые в открытые водоемы, канализацию или поступающие на очистные сооружения, где они превращаются в твердые осадки. Но основной объем составляют твердые отходы, образующиеся по всей цепочке переработки сырьевых ресурсов.

Токсичные промышленные отходы разделяются на четыре [класса опасности](#): I класс – чрезвычайно опасные, II – высокоопасные, III – умеренно-опасные, IV – малоопасные.

Основная часть отходов промышленных предприятий:

- удаляется на полигоны или *шламонакопители* этих предприятий;
- оставляется на территориях, прилегающих к предприятию, или *хвостохранилищах*, образуя при этом иногда *терриконы* – горы отвалов пустой породы в результате добычи полезных ископаемых (Солигорск, Гомель);
- или сжигаются, сливаются в канализацию, водоемы или вывозятся в не-санкционированные места.

Отходы потребления – изделия и материалы, которые потеряли свои потребительские свойства в результате физического или морального их износа. К отходам потребления относятся и твердые бытовые отходы (ТБО), образующиеся в процессе жизнедеятельности людей.

В Тихом океане разрастается мусорный остров между Калифорнией и Гавайскими островами. Площадь острова в два раза превосходит штат Техас, а масса бытовых отходов, на 80% состоящая из пластика, превышает 3,5 млн т. Мусорный «айсберг» наблюдается с 1950-х гг. Каждое десятилетие его площадь вырастает

в 10 раз. Убрать его едва ли возможно, единственный выход – отказаться от использования пластиковой упаковки.

Ученые установили причину образования плотного скопления мусора. Пустые пакеты через канализацию попадают в океан, а к мусорному острову их доставляют течения. Поскольку течения приобретают круговое направление, куски мусора попадают в своего рода водоворот и сбиваются в кучу на одном месте. Район расположения мусорной кучи находится в нейтральных водах, в стороне от основных судоходных маршрутов. Удаление мусора стоило бы миллиарды долларов. Кроме того, ни одна из стран мира не берется взять на себя работу в нейтральных водах и убирать не только за собой, но и за другими.

Экологи предупреждают о серьезной опасности, которую мусор представляет для обитателей океана. Птицы по ошибке принимают куски пластмассы за пищу, обрывки пакетов застревают в их пищеварительной системе, и птицы погибают от голода. На разложение пластика требуются десятилетия. Местные власти пытаются запретить производство и использование пластиковых пакетов в магазинах, предлагая покупателям вместо них пользоваться многоразовыми авоськами, и предписать производителям продуктов питания заворачивать их в натуральные легкоразлагаемые оберточные материалы или в такую упаковку, которая бы легко подвергалась переработке.

Полигоны для твердых бытовых отходов. Для них обычно выбирают места в глинистом грунте, в котором можно складировать отходы в течение 20–25 лет и более.

Основание выбранной площадки делают в виде большого корыта, глубиной 4,5 м. В течение суток вывозят отходы на одну площадку, уплотняют бульдозерами послойно до 2-метровой высоты. На следующий день отходы вывозят на другую площадку, а предыдущую укрывают изолирующим слоем грунта, в целях снижения площади полигон загружают послойно до высоты 60 м и более. После заполнения полигона поверхность покрывают растительным грунтом.

Экологические требования к размещению полигонов. Размещение полигонов ТБО должно быть согласовано с генеральным планом или проектом застройки города и его пригородной зоны. Не допускается размещение полигонов ТБО в зонах санитарной охраны источников водопотребления, в других водохранных зонах, в местах выхода на поверхность трещиноватых пород, в местах выклинивания водоносных горизонтов, в поймах рек и на болотах, в зонах охраны курортов, в рекреационных зонах.

Перспективны места, где существует экран из глин или тяжелых суглинков, с уровнем залегания грунтовых вод более 2 м без выхода их на поверхность в виде ключей. Не рекомендуется размещать полигоны на болотах глубиной более 1 м. В геоморфологическом отношении предпочтение отдается ровным поверхностям с отсутствием возможности смыва фильтра атмосферными осадками или грунтовыми водами в речные долины и водоемы. Допускается использование оврагов под полигоны ТБО. При проектировании устанавливается размер санитарно-защитной зоны 500 м от границ полигона до селитебной территории.

Сжигание ТБО на полигонах запрещается. Складирование отходов происходит по рабочей карте с ежесуточной изоляцией уплотненных слоев в летний

период, а при температуре +5 °С – не позднее трех суток со времени складирования. Изоляция осуществляется грунтом, используются также шлаки, отходы, битый кирпич, известь, мел, бетон и т. д. Закрытие полигона осуществляется после отсыпки его на предусмотренную высоту. Закрытые полигоны ТБО после биологической рекультивации поверхности используются под лесопарки, рекреацию, складские помещения, не допускается использование бывшего полигона ТБО под капитальное строительство, особенно жилое.

Проект экологического контроля полигона включает в себя контроль за состоянием подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв, уровней шума. Программа контроля разрабатывается владельцами полигона с соблюдением санитарно-эпидемиологических требований.

Ситуация в Республике Беларусь. На территории Беларуси ежегодно образуется более 37 млн т отходов производства и производственного потребления. Всего в стране образуется около 800 видов отходов. Образование отходов производства на территории Беларуси неравномерно: свыше 37 % отходов образуется на предприятиях, расположенных в Минской области. Некоторая часть отходов производства (3-4 классов опасности и неопасных) захоранивается на полигонах. Большинство объектов (75,5 %) размещения производственных отходов эксплуатируется уже более 25 лет. Показатель образования твердых коммунальных отходов составляет около 900 г/чел. в день или 345 кг в год. По данным природоохранной прокуратуры, ежегодно в республике образуется до 3 млн т ТБО. Мало того что засоряется окружающая среда, из оборота выводятся земли, пригодные для хозяйственного использования. Отходы потребления в Беларуси практически полностью захораниваются на полигонах. Всего в стране насчитывается около 200 полигонов ТБО. Около 30 % полигонов оборудовано противодиффузионными экранами. Кроме полигонов ТБО, в последние годы для сельских населенных пунктов создана сеть санкционированных мест складирования отходов – так называемых мини-полигонов. Всего таким образом создано более 4 тыс. мини-полигонов.

В районе г. Минска расположены 6 объектов по размещению отходов: 2 полигона ТБО – «Тростенец» и «Северный», 2 полигона ТПО – «Прудиче» и «МТЗ-МПКО», 2 объекта специфического захоронения – шламонакопители ТЭЦ-4 и городской скотомогильник.

Полигон ТБО «Тростенец» расположен в 5 км восточнее г. Минска. Начал эксплуатироваться для складирования твердых бытовых и промышленных отходов в 1958 г. Занимает площадь 32 га. В настоящее время среднегодовое поступление отходов составляет около 500 тыс. м³. Полигон организован в виде насыпи с крутыми бортами высотой до 14 м. Экранирование основания отсутствует, природоохранные сооружения представлены обводной канавой вдоль бортов полигона. В зоне воздействия полигона ТБО «Тростенец» выявлено загрязнение почв цинком, оловом, медью, хромом, никелем, свинцом и нефтепродуктами.

Полигон ТБО «Северный» является приемником твердых бытовых отходов г. Минска. Среднегодовое поступление отходов составляет около 1840 тыс. м³. Эксплуатируется с 1981 г. Расположен севернее г. Минска, в 4 км от кольцевой дороги. Занимает площадь 24 га. Отведенная площадь заполнена к настоящему

времени на 65 %. Полигон представляет собой платообразную аккумуляцию с высотой бортов около 10 м. Складирование отходов начиналось в выемку отработанного карьера. Во всех пробах наблюдается превышение ПДК по марганцу (максимальное в 10 раз), в единичных случаях – по никелю (в 5 раз), хромю и кадмию (в 1,2 и 1,9 раза соответственно).

Так, обнаруженный в питьевых водах городского водозабора «Новинки» трихлорэтилен вполне может быть следствием распространяющегося загрязнения от полигона «Северный». Расстояние, на которое распространится загрязнение от свалки, в ближайшие десятилетия составит примерно 2,5 км и захватит дачный поселок и населенный пункт Цнянка. В районе дач загрязнение грунтовых вод аммонием превысит норму в 5 раз. Так что скоро дачники смогут выращивать на своих участках свинцовые яблочки и никелевую морковку.

Полигон ТПО «МТЗ – МПКО» является приемником неутилизированных промышленных отходов тракторного завода и производственного кожевенного объединения «Гатово». Расположен в 3 км юго-восточнее города в районе промышленного узла «Шабаны-2». Складирование ведется с 1978 г., основные виды отходов – отработанные формовочные смеси, шлаки сталеплавильного производства, другие твердые и жидкие отходы Минского тракторного завода. Среднегодовое поступление отходов составляет 460 тыс. м³. Полигон занимает площадь 14,4 га. Размещен в выработанном песчано-гравийном карьере глубиной 11–13 м. Отведенная площадь заполнена на 63 %. Складирование основной массы отходов выполняется путем хаотичной отсыпки непосредственно в карьер, оборудованный противофильтрационными глинистым и асфальтобетонным экранами. Распределение загрязняющих веществ в почвах вокруг полигона осложнено наличием в промзоне «Шабаны» других источников загрязнения. Наиболее интенсивное загрязнение почв выявлено в пределах примыкающего с севера к полигону болота.

Полигон ТПО «Прудиче» принимает промышленные отходы с большинства предприятий города. Расположен в 1 км к югу от кольцевой дороги. Эксплуатируется с 1968 г. Площадь полигона 21,9 га, отходами занято около 50 % территории, отведенной под складирование.

Проблемы, связанные с захоронением ТБО. В число таких проблем входят:

- вымывание веществ и загрязнение грунтовых вод;
- образование метана;
- просадка грунта.

Все это изобилие в виде фильтрата растекается вокруг полигона и загрязняет окрестности. В радиусе 250 м от свалок почвы накопили меди, цинка, никеля, свинца в 3–10 раз больше предельно допустимого, а в радиусе полукилометра содержание тяжелых металлов выше, чем на незагрязненных территориях. Это тем более опасно, что санитарно-защитная зона вокруг свалок (в нарушение закона) используется под сельскохозяйственные угодья, а значит, все, что накоплено в почве, перейдет и в растения.

Образование метана – это вторая проблема. Так как у захороненного мусора практически нет доступа к кислороду, его разложение идет анаэробно, при этом образуется метан, при этом выделяется биогаз (смесь метана и углекислого газа), который при определенных условиях можно использовать как топливо:

при высоте засыпки отходов 7 м этот газ отбирают с помощью отсасывающих труб. В ряде городов указанную проблему решают путем устройства на месте свалок «газовых скважин», перехватывающих образующийся метан, который можно впоследствии использовать как топливо или для других целей.

Итак, существующие сегодня полигоны складирования промышленных и бытовых отходов представляют реальную экологическую опасность. Штрафы, воспитание экологической сознательности, агитация вроде телевизионной «Хватит мусорить!» помогают мало. Применение прогрессивных технологий отдельного сбора и сортировки коммунальных отходов, прессования и брикетирования способствуют сокращению образования фильтрата и увеличению сроков эксплуатации полигонов.

Сейчас в Беларуси в составе бытовых отходов ежегодно выбрасывается на свалки примерно 670 тыс. т бумаги и картона, 170 – пластмассы, 145 – текстиля, 133 – древесины и много других органических отходов. Учитывая скромные энергоресурсы Беларуси, разбрасываться такими кусками просто неразумно. В Академии наук Беларуси разработана система утилизации мусора. В Беларуси индекс использования ТПО (без учета отходов производства калийных удобрений) достигает в среднем 58 %, а по отдельным видам 70–98 %. Наиболее полно используются окалина (реализуется металлургическим предприятиям России), земля формовочная (в дорожном строительстве), вскрышные породы (для обустройства) территорий.

Довольно низок уровень использования таких многотоннажных отходов, как фосфогипс – 2 % и лигнин – 18,4 %. Индекс использования галитовых отходов – 6%, глинисто-солевых шламов – 0. В настоящее время ни один из предлагаемых методов утилизации шламов не реализован, что объясняется их повышенной влажностью (70–80%), мелкодисперсностью и высокой вязкостью.

Краткая суть подходов:

- максимально возможный отдельный сбор разных видов отходов в местах их образования. Чем раньше будет налажена сортировка отходов, тем качественнее станет вторичное сырье, тем дешевле его переработка;
- из существующих способов переработки твердых бытовых отходов приоритет следует отдавать выработке компостов, но не из смеси разных видов отходов, а из отобранных органических с добавкой торфа и сапропелей;
- строгое ограничение проникновения фильтратов со свалок в поверхностные подземные воды;
- предусмотреть сбор биогаза;
- места расположения свалок и мусороперерабатывающих предприятий должны строго согласовываться с экологическими, санитарными службами и вписываться в гидрологические, геоморфологические и ландшафтные условия.

7.2 Радиоактивное загрязнение почвы, растительного и животного мира

Особую группу составляют *опасные отходы*, которые в результате их токсичности создают опасность для здоровья человека или окружающей среды.

История использования атомной энергии насчитывает более полувека. Однако за это время так и не найдено безопасной системы захоронения радиоактивных отходов атомной и оборонной промышленности. При нынешнем уровне производства количество отходов в ближайшие несколько лет может удвоиться.

Ни одна из 34 стран с атомной энергетикой не имеет сегодня решения проблемы отходов. Дело в том, что большая часть отходов сохраняет свою радиоактивность до 240 000 лет и должна быть изолирована от биосферы на это время. Сегодня отходы содержатся во Временных хранилищах, или захораниваются неглубоко под землей. Во многих местах отходы безответственно сбрасываются на землю, в озера и океаны. Что касается глубокого подземного захоронения, то со временем изменения русла водных потоков, землетрясения и другие геологические факторы нарушат изоляцию захоронения.

Многие ядерные державы пытаются сбыть высокоактивные отходы в более бедные страны, которые крайне нуждаются в иностранной валюте. Так, отходы обычно продаются из Европы в Африку. Переброска ядовитых отходов в менее развитые страны тем более безответственна с учетом того, что в этих странах нет подходящих условий для хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), не будет качественного контроля за ядерными отходами. По мнению специалистов, ядерные отходы должны содержаться в местах (странах) их производства в накопителях длительного срока хранения и контролироваться высококвалифицированным персоналом.

Острым является вопрос о так называемых химических «ловушках» – давно забытых захоронениях опасных отходов, на которых построили жилые дома и другие объекты. Они со временем дают о себе знать, в частности, появлением необычных заболеваний среди местного населения. Учет подобных захоронений в США показал, что имеется в наличии не менее 32 тыс. потенциально опасных; в ФРГ, Нидерландах, России также выявлены тысячи таких участков.

В Беларуси реализуется проект по ликвидации пунктов захоронения радиоактивных отходов в местах бывшей дислокации военных частей. В Беларуси обнаружено около 20 объектов, которые, предположительно, являются «бесхозными» пунктами захоронения радиоактивных источников и источников ионизирующего излучения.

Два самых известных из них находятся на местах бывших военных частей – в Столбцовском районе Минской области («Колосово») и в Речицком районе Гомельской области («Гомель-ЗО»). В каком виде и что именно там захоранивалось никому сейчас неизвестно. В течение последних двух лет институт проводил обследование этих захоронений. Там обнаружено повышенное содержание стронция в грунте и грунтовой воде на порядок выше, чем под захоронениями радиоактивных отходов Чернобыльской АЭС.

Отходы от английских и французских атомных заводов загрязнили радиоактивными элементами практически всю Северную Атлантику, особенно Северное, Норвежское, Гренландское, Баренцево и Белое моря. Работа трех подземных атомных реакторов и радиохимического завода (производство плутония), а также остальных производств в Красноярске привела к загрязнению одной из самых крупных рек мира – Енисея (на протяжении 1500 км). Значительную опасность вызывают затопленные в Карском море (около архипелага Новая Земля)

11 тыс. контейнеров с радиоактивными отходами, а также 15 аварийных реакторов с атомных подводных лодок.

Сброс в море твердых отходов осуществлялся в некоторых странах практически с начала развития атомной энергетики и промышленности. Отходы включали: лабораторное оборудование, пленочные покрытия, спецодежду, медико-биологические отходы, отходы военной промышленности и исследовательских центров. Впервые сброс радиоактивных отходов в море был осуществлен в 1946 г. США, до 1971 г. сбросы радиоактивных отходов велись без контроля со стороны международных организаций. С 1971 по 1983 гг. отходы предприятий военной атомной промышленности регулярно сбрасывали в море Бельгия, Великобритания, Нидерланды, Франция, Швейцария, Япония, Италия. Особенно велики были объемы затоплений у Великобритании, которая сбросила в море 76 % всех мировых захоронений. Первые сбросы РО в море бывшим СССР были связаны с испытаниями атомных подводных лодок. В настоящее время считается, что самая большая общая активность жидких радиоактивных отходов по северным морям: Белое – 100; Баренцево – 12 153; Карское – 8500.

Радиоактивные отходы затоплялись в металлических контейнерах или в старых судах типа барж, танкеров. Они были упакованы в двухсотлитровые металлические барабаны и залиты бетоном. В связи с отсутствием специальной защиты контейнеры иногда не тонули. Выловленные контейнеры дырявили для ускорения затопления, что приводило к выводу радиоактивных отходов в морскую среду. Сегодня по данным Гринпис в Мировом океане образуется до 20 тыс. м³ жидких и до 6 тыс. т твердых радиоактивных отходов.

Сегодня особую опасность представляет загрязнение почв радионуклидами. Источники радиации – ядерные установки, испытание ядерного оружия, отходы урановых шахт. Потенциальными источниками радиоактивного загрязнения могут стать также аварии на ядерных установках, АЭС (как в Чернобыле, Екатеринбург, а также в США, Англии).

Растения-индикаторы радиоактивного загрязнения. Лишайники северных зон обладают повышенной способностью к аккумуляции радиоактивного цезия. Олени, питающиеся ягелем, накапливают изотопы, а у населения, использующего в пищу оленину, в организме в 10 раз больше цезия, чем у других северных народов.

Зеленые растения, аккумулируя определенные химические элементы, изменяют окраску хвои, листьев, цветков и плодов. Это иногда служит индикатором, при поисках полезных ископаемых. Например, береза и осина в Восточной Сибири накапливает в своей древесине значительное количество стронция-90, что приводит к появлению необычной окраски – неестественно зеленого цвета. Сон-трава на южном Урале аккумулирует никель, поэтому ее околоцветник вместо фиолетового цвета становится белым, что указывает на высокие концентрации никеля. В костях окуня и ондатры, обитающих в загрязненных водах, содержание стронция превышает в 1000 раз по сравнению с концентрацией в воде.

Градостроительные проекты при размещении опасных предприятий, мест захоронения радиоактивных отходов. При выборе места для могильника радиоактивных отходов необходимо оценить следующие факторы природной

среды: частоту и интенсивность землетрясений, движений земной коры; гидрохимические условия, связь подземных и поверхностных вод. Кроме того, могильник должен иметь несколько защитных оболочек вокруг радиоактивных продуктов.

В настоящее время на землях бывших союзных республик имеется 4 млн км² площадей, непригодных для проживания из-за повышенного уровня радиации. Топливо, отработавшее в ядерных реакторах и хранящееся в бассейнах, составляет значительные объемы. Особенно это касается России, где хранятся десятки тысяч тонн отработанного топлива. К тому же Россия собирается ввозить на хранение и переработку значительные объемы отработанного ядерного топлива из других стран. Экономически это весьма выгодно, о чем нельзя сказать с экологической точки зрения. Радиоактивные отходы в большом количестве подвергаются захоронению в геологически стабильных районах на суше и в воде. Считается, что такое захоронение не может послужить источником радиоактивного загрязнения среды. Однако последнее не всегда верно. Через трещины в земной коре и контейнерах вещества уже сегодня попадают наружу.

Каждое звено ядерного технологического цикла имеет определенное воздействие на окружающую среду. Добыча урановой руды становится рентабельной, если она содержит несколько килограммов урана на тонну. Урановые руды добываются открытым и подземным способами. Полученная руда подвергается предварительной обработке, измельчению, выщелачиванию.

Обработка руд осуществляется на гидрометаллургических заводах. Их мощность составляет от 500 до 50 000 т уранового концентрата в год. Поэтому возможны негативные экологические последствия. На каждые 200 т извлеченного урана (это годовая потребность АЭС мощностью 1 ГВт) образуется 100 тыс. т РАО, накапливающихся в хвостохранилищах. Они представлены изотопами с периодами полураспада в десятки тысяч и в сотни миллионов лет. Из рудников вместе с вентиляционным воздухом в атмосферу выбрасывается радон-222 и радиоактивная пыль с радиоактивными аэрозолями. Жидкие РАО поступают с откачиваемыми подземными водами, жидкой фазой рудничной пульпы. Из обогащенного урана получают диоксид урана, формуют его в брикеты – «таблетки». Сырые отпрессованные «таблетки» нагревают до температуры 1700 °С для достижения необходимой прочности и плотности и заряжают в оболочку топливного стержня из сплавов циркония и алюминия или графита высокой плотности. Объемы жидких отходов, образующихся на АЭС, могут достигать 100 тыс. м³/год. Объем твердых отходов ежегодно достигает 2000–3000 м³.

Отходы подразделяются на 3 группы: слабоактивные, среднеактивные и высокоактивные. К первой относятся лабораторные отходы, растворы, отходы от уборки, загрязненные фильтры, одежда. Среднеактивные – измельченная оболочка топливных стержней. Их цементируют в специальных емкостях. Высокоактивные отходы – растворенные в азотной кислоте продукты распада, дающие 99 % мощности радиоактивного излучения всех ядерных отходов. По радиационному воздействию на человека и окружающую среду нормально работающую АЭС можно считать безотходным производством. Однако это упрощенный подход, так как существует чисто техническая проблема безопасности реакторов.

Способы утилизации отходов. Мировой опыт насчитывает более 20 способов обезвреживания и утилизации отходов. Основные из них – сжигание, компостирование, складирование, повторное использование:

– *сжигание* – древнейший, но не лучший способ избавления от мусора. Сжигание твердых отходов в кострах или примитивных печах нельзя считать целесообразным ни с экономической, ни тем более с экологической точек зрения. Газы следует очищать: например, с помощью электрических фильтров. Следует учитывать, что далеко не весь мусор горит. Многие горючие отходы при сгорании дают золу, масса которой может составлять несколько процентов от массы исходного мусора. Поэтому все шлаки, которые остаются после сгорания, всё равно приходится вывозить на свалки. Были даже идеи добавлять мусор в доменные печи, что вряд ли улучшило бы качество получаемого чугуна. Неполное сгорание мусора приводит к выбросу огромного количества сажи и вредных органических соединений.

– *компостирование*: в мусоре много компонентов, которые легко разлагаются на азот, фосфор, калий, биологически активные элементы. Осложняющий фактор – в компосте много тяжелых металлов, вредных для растений. Нужны особые методики сортировки мусора, сложная технологическая линия его сорбции, отмывания. Отсюда проблемы: дополнительные расходы на электроэнергию и водоснабжение, но цивилизованные страны идут на это и в стратегической перспективе результат окупает эти затраты.

– в настоящее время наиболее рациональный способ утилизации отходов – *повторное использование*. Вторичное использование отходов – наиболее ресурсосберегающий путь, но не всегда рентабельный как в экономическом, так и в экологическом плане. Здесь существует ряд проблем. Первая проблема заключается в том, что, прежде чем мусор использовать, его необходимо рассортировать. Бумага, железяки, битое стекло должны находиться отдельно. Вторая проблема – доставка мусора к месту переработки.

Утилизация радиоактивных отходов. Сегодня существуют разные способы переработки и дальнейшей утилизации РАО. Их применение зависит от конкретного вещества и его активности. В зависимости от нескольких параметров, может быть применено:

– *остекловывание радиоактивных отходов*. Остекловывание часто рассматривается при обращении с различными видами отходов в качестве процесса перевода жидких радиоактивных отходов в твердую стекловидную матрицу. Остекловывание, в принципе, привлекательно из-за потенциальной устойчивости полученного продукта и гибкости процесса в отношении его использования для различных видов отходов. Эта особенность определила особую роль остекловывания в качестве метода отверждения радиоактивных отходов в различных странах;

– *сжигание* в основном используется для уменьшения объема горючих отходов низкого уровня активности. Пока оно используется согласно строгим нормам, установленным для выбросов в атмосферу;

– *экологически чистая переработка медицинских отходов в плазменной печи*. Принцип действия этой печи позволяет перерабатывать инфицированные и токсичные отходы (шприцы, иглы, скальпели, перевязочные средства и т. п.) экологически безопасным образом. Отходы перед отправкой в печь не надо сортировать

и необходимо лишь упаковывать в одноразовые полиэтиленовые пакеты. Образовавшиеся же при сжигании кислые газы проходят через слой шлака, где нейтрализуются и частично растворяются. Затем они поступают во вторую камеру, где проходят через волоконную пятиступенчатую систему газоочистки, и только потом, уже полностью обезвреженными, выбрасываются в атмосферу;

– *уплотнение (технология уменьшения объема)*. Диапазон установок для уплотнения достаточно широк: от систем уплотнения с низкой силой давления (~5 тонн или выше) до прессов с силой уплотнения более 1000 тонн, которые называются суперуплотнителями;

– *цементирование радиоактивных отходов* с помощью жидких цементных растворов, приготовленных по специальным рецептам: твердые отходы помещаются в контейнеры, затем в эти контейнеры заливается жидкий цементный раствор, где он и схватывается.

7.3 Транспортирование отходов

Надлежащая организация сбора и транспортировки отходов может внести большой вклад в оздоровление окружающей природной среды. В США на их удаление и обезвреживание расходуется около 10 млрд долларов в год, причем больше половины этих средств идет на сбор и транспортировку.

Промышленные отходы обычно удаляются самими предприятиями в специальные места захоронения или на общие свалки.

Твердые бытовые отходы по мусоропроводам зданий собираются в специальные камеры и далее в мусоровозы.

В ряде стран, например в Швеции, применяют пневматический транспорт для удаления мусора из мусоропроводов по подземным каналам до станции переработки, которая обслуживает несколько зданий. Здесь мусор прессуют для уменьшения объема и перегружают в мусоровозы.

В некоторых странах применяется сплав в канализацию дробленых отходов из квартир, домов гостиниц и т. п. Для этого у раковин устанавливаются механические дробилки, из которых измельченный мусор вместе со сточной водой удаляется в канализацию, где он обезвреживается в специальных очистных установках. Указанный метод имеет большие преимущества перед вывозной системой, поскольку позволяет удалять быстро разлагающуюся часть отходов сразу же после образования.

Для транспортирования опасных отходов необходимо соблюдение следующих условий: наличие паспорта опасных отходов, наличие специально оборудованных и снабженных специальными знаками транспортных средств, соблюдение требований безопасности к транспортированию опасных отходов на транспортных средствах, наличие документации с указанием количества транспортируемых опасных отходов, цели и места назначения.

Сроки хранения отходов:

– *пищевые* отходы ущерб природе практически не наносят. Вред человеку: гниющие пищевые отходы – рассадник микробов. Время разложения 1–7 недель.

Способ вторичного использования: компостирование. Категорически запрещается бросать в огонь, так как могут образоваться диоксиды;

– *макулатура* – бумага, иногда пропитанная воском и покрытая различными красками. Собственно бумага ущерба природе не наносит. Однако краска, которой покрыта бумага, может выделять ядовитые газы. Вред человеку: краска может выделять при разложении ядовитые вещества. Время разложения – 2-3 года. Способ вторичного использования – переработка на обёрточную бумагу;

– *изделия из тканей*. Ущерб природе не наносят. Время разложения – 2-3 года;

– *деревянные изделия*. Ущерб природе не наносят. Время разложения – несколько десятков лет. Наименее опасный способ обезвреживания – сжигание;

– *консервные банки*. Ущерб природе – соединения цинка, олова и железа ядовиты для многих организмов. Время разложения: на земле – несколько десятков лет. Способ вторичного использования – переплавка вместе с металлом;

– *металлолом*. Ущерб природе – соединения железа ядовиты для многих организмов. Скорость разложения: на земле – 1 мм в глубину за 10–20 лет, в пресной воде – 1 мм в глубину за 3–5 лет, в солёной воде – 1 мм в глубину за 1-2 года;

– *фольга*. Материал – алюминий. Ущерб природе практически не наносит. Время разложения: на земле – несколько десятков лет, в пресной воде – несколько лет. Наименее опасный способ обезвреживания – захоронение;

– *банки из-под пива и других напитков*. Материал – алюминий и его сплавы. Время разложения: на земле – сотни лет, в пресной воде – несколько десятков лет, в солёной воде – несколько лет. Способ вторичного использования – переплавка;

– *стеклотара*. Время разложения: на земле – несколько сотен лет, в спокойной воде – около 100 лет. Способ вторичного использования – использование по прямому назначению или переплавка;

– *кирпичи*. Ущерб природе: практически не наносят. Время разложения: на земле – несколько тысяч лет, в спокойной воде – несколько сотен лет, в полосе прибоя – несколько лет. Способ вторичного использования – переработка в крошку;

– *изделия из пластмасс*. Ущерб природе – препятствуют газообмену в почвах и водоёмах. Могут быть проглочены животными, что приведёт к гибели последних. Вред человеку: пластмассы могут выделять при разложении ядовитые вещества. Время разложения – около 100 лет, может быть и больше;

– *упаковка для пищевых продуктов*. Медленно разрушается под действием солнечных лучей. Время разложения – десятки лет, может быть и больше. Способ вторичного использования не существует. Наименее опасный способ обезвреживания – захоронение;

– *батарейки*. Очень ядовитый мусор! Материал: цинк, уголь, оксид марганца. Время разложения: на земле – около 10 лет, в спокойной воде – несколько лет, в солёной воде – около года. Наименее опасный способ обезвреживания – вывоз на свалку.

Особое внимание уделяется утилизации таких отходов, как упаковочный материал.

Одним из путей является создание так называемой биоразлагаемой упаковки. Сейчас основная доля упаковочных материалов приходится на пластики, что объясняется их достаточно высокой механической прочностью, легкостью, дешевизной и доступностью исходного сырья. Но использование такой упаковки, как показала жизнь, чревато тем, что ее разложение в природных условиях (на полигонах) исчисляется десятками и сотнями лет. Несмотря на это, полимерный упаковочный бум продолжается. Кроме того, по подсчетам экспертов, основного сырья для изготовления полимерной упаковки – нефти – хватит человечеству лишь только на ближайшие 100 лет. Ее изготавливают на основе полимеров, которые могут разрушаться в естественных условиях под воздействием природных факторов: света, температуры, влаги, а также при участии живых микроорганизмов (бактерий, дрожжей, грибов и т. д.). При этом высокомолекулярные вещества разлагаются на низкомолекулярные, такие как вода, углекислый газ и другие соединения. Таким образом совершается естественный круговорот веществ, созданный эволюцией и способный поддерживать экологическое равновесие в природе.

Новым упаковочным материалом является *эколин*. Его получают из полиэтилена с добавлением таких природных минеральных наполнителей, как известняк или доломит. Этот материал прошел сертификацию и в качестве упаковки может применяться для пищевых продуктов.

Биогенная упаковка. Ее можно изготовить, например, из древесной массы, которая накапливается в виде отходов при прочистке лесов. Такая упаковка полностью утилизируется под воздействием природных факторов. В качестве материала для создания биогенной упаковки могут использоваться отходы перерабатывающей промышленности.

Следующий путь – использование материалов на основе водорослей. Это быстрорастущее сырье. Так, некоторые виды водорослей могут за 12 ч вырасти на целый метр. После использования такой материал легко компостируется или подвергается вторичной переработке, например, с макулатурой.

Сейчас во всем мире снова возрос интерес к упаковке, изготовленной из бумаги и картона. Хотя она и дороже полимерной, однако потребители (особенно в развитых странах) готовы платить больше, приобретая пищевой продукт, упакованный в экологически чистый материал природного происхождения. Большое внимание уделяется пергаменту, традиционно производимому из целлюлозы. Использованная пергаментная упаковка из-под кондитерских изделий или масло- и жиросодержащих продуктов не загрязняет окружающую среду, хорошо биоразлагается и может являться вторичным сырьем, например, для удобрений или производства компоста, а также макулатурной добавкой при изготовлении бумаги [12].

Тема 8. Глобальные и региональные экологические проблемы

8.1 Системный анализ глобальных экологических проблем

На сегодняшний день в мире существует множество экологических проблем, начиная с исчезновения некоторых видов растений и животных и заканчивая угрозой вырождения человеческой расы. Эти проблемы есть результат взаимодействия нашей цивилизации и окружающей среды в эпоху промышленного развития.

8.1.1 Загрязнение атмосферы

Проблема загрязнения атмосферного воздуха – одна из серьезнейших глобальных проблем, с которыми столкнулось человечество. Опасность загрязнения атмосферы не только в том, что в чистый воздух попадают вредные вещества, губительные для живых организмов, но и в вызываемом загрязнением изменении климата Земли.

Загрязнение воздуха (атмосферы) в результате деятельности человека привело к тому, что за последние 200 лет концентрация двуокиси углерода выросла почти на 30 %. Тем не менее человечество продолжает активно сжигать ископаемое топливо и уничтожать леса. Процесс настолько масштабен, что приводит к глобальным экологическим проблемам. Загрязнение воздуха происходит и в результате других видов человеческой деятельности. Сжигание топлива на тепловых электростанциях сопровождается выбросом двуокиси серы. С выхлопными газами автомобилей в атмосферу поступают оксиды азота. При неполном сгорании топлива образуется угарный газ. Кроме того, не следует забывать и о мелкодисперсных твердых загрязнителях, таких как копоть и пыль.

Основной причиной загрязнения воздуха является попадание в него нехарактерных физических, химических и биологических веществ, а также изменение их естественной концентрации. Это происходит в результате как природных процессов, так вследствие деятельности человека. Причем именно человек играет все большую роль в загрязнении атмосферы. Причиной большей части химических и физических загрязнений является сжигание углеводородного топлива при производстве электрической энергии и при работе двигателей транспортных средств. Один из наиболее токсичных газов, поступающих в атмосферу в результате человеческой деятельности – озон. Ядовит и свинец, содержащийся в выхлопных газах автомобилей. Среди других опасных загрязнителей – угарный газ, оксиды азота и серы, а также мелкая пыль. Ежегодно в результате промышленной деятельности человека (при выработке электроэнергии, производстве цемента, выплавке чугуна и т. п.) в атмосферу поступает 170 млн т пыли.

Так как факторы загрязнения атмосферы могут быть связаны как с естественными природными процессами, так и с деятельностью человека, то все источники загрязнения принято делить на естественные и искусственные (антропогенные). К первым относят природные загрязнители минерального, растительного или микробиологического происхождения, поступающие в атмосферу в результате извержений вулканов, лесных пожаров. Кроме того, естественными загрязнителями

воздуха являются пыль, образующаяся в результате разрушения горных пород, пыльца растений, выделения животных и т. п. Искусственные (антропогенные) факторы загрязнения атмосферы делятся на транспортные – образующиеся при работе автомобилей, поездов, воздушного, морского и речного транспорта; производственные – выбросы, происходящие в результате технологических процессов; бытовые – образующиеся при сжигании топлива для отопления и приготовления пищи, а также при переработке бытовых отходов.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в промышленно развитых странах является автомобильный транспорт. В процессе человеческой деятельности происходит загрязнение атмосферы выбросами различными газами, аэрозолями и твёрдыми частицами. Кроме того, человечество интенсивно «засоряет» атмосферу электромагнитным и радиационным излучением и тепловыми выбросами.

Именно на долю антропогенного загрязнения атмосферного воздуха приходится основная доля вредных выбросов. Кроме того, они более опасны, чем загрязнения природного происхождения.

Основные антропогенные источники загрязнения атмосферы: предприятия химической промышленности, где при технологических процессах может выделяться озон, опасный для живых организмов; тепловые электростанции, выделяющие диоксид углерода – «главный» парниковый газ, а также ядовитые оксиды азота и другие вещества; автомобильный транспорт, загрязняющий атмосферу угарным газом, свинцом, оксидами азота, летучими органическими веществами и сажей; холодильное оборудование и аэрозольные баллоны, содержащие фреоны – химические соединения, способствующие разрушению стратосферного озона и глобальному потеплению.

Решение проблемы загрязнения воздуха требует согласованных действий на самых разных уровнях. На уровне правительств и международных организаций принимаются различные документы, обязывающие участников экономической деятельности сокращать вредные выбросы. К таким документам относятся Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, Рамочная Конвенция ООН по изменению климата, экологическое законодательство государств. Одним из распространенных способов контроля парниковых выбросов (прежде всего – диоксида углерода), стали углеродные квоты, предполагающие, что каждый участник экономической деятельности (промышленное предприятие, транспортная компания) выкупает для себя право произвести выбросы в строго определенном объеме, превышение которого приведет к суровым штрафным санкциям. Средства же, поступающие от продажи углеродных квот, должны тратиться на преодоление последствий глобального потепления.

На уровне конкретных источников вредных выбросов должны предприниматься меры по предотвращению или хотя бы снижению загрязнения воздуха. К таким мерам относится очистка воздуха от пыли, аэрозолей и газов. Наиболее действенные методы здесь – это инерционное («циклоны») или механическое (фильтрация) пылеулавливание, адсорбция газообразных загрязнений, дожигание продуктов сгорания.

8.1.2 Парниковый эффект

Парниковый эффект – повышение температуры нижних слоёв атмосферы планеты по сравнению с эффективной температурой, то есть температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса.

Около половины солнечной энергии приходится на видимую часть спектра, которую мы воспринимаем как солнечный свет. Эта радиация достаточно свободно проходит через земную атмосферу и поглощается поверхностью суши и океанов, нагревая их. Но ведь солнечная радиация поступает на Землю ежедневно в течение многих тысячелетий, почему же в таком случае Земля не перегревается и не превращается в маленькое Солнце?

Дело в том, что и земля, и водная поверхность, и атмосфера в свою очередь тоже испускают энергию, только уже в несколько иной форме – как невидимое инфракрасное, или тепловое, излучение.

В среднем же достаточно длительное время в космическое пространство уходит ровно столько энергии в виде инфракрасного излучения, сколько ее поступает в виде солнечного света. Таким образом, устанавливается тепловое равновесие нашей планеты. Весь вопрос в том, при какой температуре установится это равновесие. Если бы атмосферы не было, средняя температура Земли составляла бы – 23 градуса. Защитное действие атмосферы, поглощающей часть инфракрасного излучения земной поверхности, приводит к тому, что в действительности эта температура составляет + 15 градусов. Повышение температуры есть следствие парникового эффекта в атмосфере, который усиливается с увеличением количества углекислого газа и водяного пара в атмосфере. Эти газы лучше всего поглощают инфракрасную радиацию

Суть парникового эффекта состоит в следующем: Земля получает энергию от Солнца в основном в видимой части спектра, а сама излучает в космическое пространство, главным образом, инфракрасные лучи.

Причина быстрого роста количества парниковых газов очевидна – развитие промышленности до сих пор основано на сжигании ископаемого органического топлива (нефти, угля, газа), в результате чего в атмосферу выбрасывается около 6 млрд т углекислого газа в год. В тропических районах сжигают леса, расчищая землю под пастбища и пахоту. Человечество сейчас сжигает за день столько ископаемого топлива, сколько его образовывалось за тысячи лет в период формирования месторождений нефти, угля и газа. От этого «толчка» климатическая система вышла из «равновесия» и мы видим большее число вторичных негативных явлений: особо жарких дней, засух, наводнений, резких скачков погоды, причем именно это и наносит наибольший урон.

Однако изменения климата – это не только повышение температуры. Изменения касаются и других климатических явлений. Не только сильная жара, но и сильные внезапные заморозки, наводнения, сели, смерчи, ураганы объясняются эффектами глобального потепления. Климатическая система слишком сложна, чтобы ожидать от нее равномерного и одинакового изменения во всех точках планеты. И главную опасность ученые видят сегодня именно в росте отклонения от средних значений – значительных и частых колебаниях температуры.

По мнению экспертов, стратегия борьбы с усилением парникового эффекта должна заключаться в принятии следующих мер:

- сокращение использования ископаемых источников энергии: угля, нефти и газа;
- более эффективное использование энергии;
- широкое внедрение энергосберегающих технологий;
- широкое применение альтернативной энергетики (использование возобновляемых источников энергии);
- развитие новых экологически чистых и низкоуглеродных технологий, в частности – применение хладагентов и вспенивателей с низким (нулевым) потенциалом глобального потепления;
- борьба с лесными пожарами, восстановление лесов – природных поглотителей углекислого газа из атмосферы.

Однако даже полномасштабная реализация всех этих мер по предотвращению усиления парникового эффекта вряд ли сможет полностью компенсировать вред, наносимый природе в результате антропогенного воздействия, поэтому речь в любом случае может идти лишь о минимизации последствий. Вот почему перечисленные действия необходимо предпринимать комплексно и на глобальном уровне.

8.1.3 Истощение озонового слоя

Озоновый слой – часть стратосферы на высоте от 12 до 50 км (в тропических широтах 25–30 км, в умеренных – 20–25 км, в полярных – 15–20 км), в которой под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца молекулярный кислород (O_2) диссоциирует на атомы, которые затем соединяются с другими молекулами O_2 , образуя озон (O_3). Относительно высокая концентрация озона (около 8 мл/м³) поглощает опасные ультрафиолетовые лучи и защищает всё живущее на суше от губительного излучения.

Благодаря нагреванию воздуха вследствие поглощения озоном солнечных лучей, возникает температурная инверсия, то есть повышение температуры с высотой. Таким образом тропосфера и стратосфера разделяются тропопаузой и смешивание воздуха между этими слоями атмосферы затруднено.

Более того, если бы не озоновый слой, то жизнь не смогла бы вообще выбраться из океанов и высокоразвитые формы жизни типа млекопитающих, включая человека, не возникли бы. Наибольшая плотность озона встречается на высоте около 20–25 км, наибольшая часть в общем объёме – на высоте 40 км. Если бы можно было извлечь весь озон, находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то в результате вышел бы слой, покрывающий поверхность Земли толщиной всего 3 мм. Для сравнения, вся сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км.

Вблизи поверхности Земли озон является всего лишь вредным компонентом городского смога. Но на высоте 24 км тонкий слой этого бесцветного, не обладающего запахом газа обеспечивает существенную защиту земной поверхности от губительных ультрафиолетовых лучей солнца.

В результате продолжающегося антропогенно обусловленного разрушения озонового слоя ультрафиолетовое излучение на поверхности Земли увеличивается, что может привести к пагубным последствиям для человека и биосферы в целом. По данным ООН, сокращение озонового слоя всего на 1 % приводит к появлению у людей 100 тыс. новых случаев катаракты и 10 тыс. случаев рака кожи. Последствия убыли озона могут быть угрожающими, они могут привести к более чем 3 млн смертельных случаев от рака кожи до 2030 года и 19 млн – до 2060 г. Число глазных заболеваний (катаракты) может увеличиться на 130 млн. до 2060 г.; примерно 50 % из них придется на долю развивающихся стран. Число этих заболеваний растет.

Кроме увеличения заболеваемости, существует множество других трудно учитываемых воздействий на здоровье человека и животных (например, снижение иммунитета), урожаи сельскохозяйственных культур, водные экосистемы и др.

8.1.4 Кислотные дожди

Под популярным названием «кислотные дожди» кроется сложный комплекс воздействий техногенных загрязнений воздуха на человека и природную среду, главные последствия которых – рост аллергических заболеваний дыхательных органов, потери урожайности сельскохозяйственных растений, усыхание лесов, безрыбные озера.

Кислотный дождь – все виды метеорологических осадков (дождь, снег, град, туман, дождь со снегом), при которых наблюдается понижение pH осадков из-за загрязнений воздуха кислотными оксидами (как правило, оксидами серы, оксидами азота).

Последствия кислотных дождей ученые до настоящего времени еще не установили до конца. Одно только известно, что если раньше, какие-то два-три десятилетия назад, люди могли спокойно собирать дождевую воду и умываться ей для придания коже лица молодости, то сейчас об этом не может идти и речи. Потому как последствия кислотных дождей могут оказать губительное воздействие на кожу лица и здоровье в целом. Любые осадки, которые выпали на землю, какими бы чистыми они не выглядели, на самом деле содержат в себе мельчайшие частицы пыли, различные патогенные микроорганизмы, споры грибов, пыльцу самых разных растений практически со всего света, примеси тяжелых металлов, которые попадают в атмосферу и другие воздушные слои вместе с отходами многочисленных фабрик и заводов. Все это в весенний, летний и осенний периоды выливается потоком на головы земных обитателей, и не каждый из них имеет хоть малейшее представление о том, какие могут быть последствия кислотных дождей.

Ни для кого не является секретом тот факт, что кислотные дожди негативно сказываются на состоянии всей окружающей среды. В водоемах с течением времени повышается концентрация ионов тяжелых металлов с высоким уровнем токсичности, к примеру, свинца и кадмия. В связи с этим экологи и представители здравоохранения настоятельно рекомендуют, чтобы избежать или хотя бы минимизировать последствия кислотных дождей, как можно реже купаться или вообще не купаться в водоемах с очень низкой либо очень высокой кислотностью, поскольку это отрицательно отразится на здоровье человека.

8.1.5 Обезлесение планеты

Под обезлесением понимают исчезновение леса в результате естественных причин или антропогенных воздействий.

Леса составляют около 85 % фитомассы мира. Они играют важнейшую роль в формировании глобального цикла воды, а также биогеохимических циклов углерода и кислорода. Леса регулируют климатические процессы и водный режим мира. Экваториальные леса являются важнейшим резервуаром биологического разнообразия, сохраняя 50 % видов животных и растений мира на 6 % площади суши. Вклад лесов в мировые ресурсы не только значителен количественно, но и уникален, поскольку леса – это источник древесины, бумаги, лекарств, красок, каучука, плодов и пр. Леса с сомкнутыми кронами деревьев занимают в мире 28 млн км² при примерно одинаковой их площади в умеренном и тропическом поясе.

Для противодействия обезлесению территорий применяется лесовосстановление.

Лесовосстановление – выращивание лесов на территориях, подвергшихся вырубкам, пожарам и т. д. Лесовосстановление применяется для создания новых лесов или улучшения состава древесных пород в уже существующих.

Существует два разных способа лесовосстановительных работ – искусственный (посадка или посев леса) и содействие естественному возобновлению (создание условий для быстрого заселения ценными древесными породами). Искусственное лесовосстановление проводится, когда невозможно обеспечить естественное или нецелесообразно комбинированное лесовосстановление хозяйственно ценными лесными древесными породами, а также на лесных участках, на которых погибли лесные культуры.

Искусственное лесовосстановление проводится методом посадки лесных культур и методом посева семян.

При естественном лесовосстановлении осуществляются следующие мероприятия:

- сохранение при проведении рубок лесных насаждений ценных лесных древесных пород жизнеспособных лесных насаждений, хорошо укоренившихся, участвующих в формировании главных лесных древесных пород, высотой более 2,5 м (молодняк);

- уход за подростом лесных насаждений ценных лесных древесных пород на площадях, не покрытых лесной растительностью;

- минерализация поверхности почвы;

- огораживание площадей.

Кроме того, существует метод комбинированного лесовосстановления. Комбинированное лесовосстановление осуществляется путем посадки и посева на лесных участках, где естественное лесовосстановление лесных насаждений ценных лесных древесных пород не обеспечивается.

8.1.6 Загрязнение природных вод

Вода – самое распространённое неорганическое соединение на нашей планете. Вода – основа всех жизненных процессов, единственный источник кислорода в главном движущем процессе на Земле – фотосинтезе. Вода присутствует во всей

биосфере: не только в водоёмах, но и в воздухе, и в почве, и во всех живых существах. Потери 10–20 % воды живыми организмами приводят к их гибели. В естественном состоянии вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, находятся взвешенные частички. Сохраняется многолетняя тенденция нарастания загрязнения природных вод. Под загрязнением вод понимается снижение биосферных функций и экономического значения в результате поступления в них вредных веществ. Практически все водные объекты подвержены антропогенному влиянию, качество воды большинства из них не отвечает нормативным требованиям.

8.1.7 Загрязнение морской среды

В последнее время большую тревогу вызывает прогрессирующее загрязнение морей и Мирового океана в целом. Основным источником загрязнения служат местные бытовые и промышленные сточные воды, нефть и радиоактивные вещества. Особую опасность представляют загрязнения нефтью и радиоактивными веществами, охватывающие огромные пространства Мирового океана.

Местные загрязнения морей бытовыми и промышленными стоками. Существовавшее с давних времен тяготение людей к заселению морских побережий привело к тому, что в настоящее время в прибрежных зонах находится 60 % всех крупных городов с населением свыше миллиона человек в каждом.

На берегах, например, Средиземного моря расположены страны с населением 250 млн человек. Ежегодно предприятия приморских городов выбрасывают в море тысячи тонн различных неочищенных отходов, сюда же сливаются неочищенные канализационные воды. Огромные массы ядовитых веществ выносят в море крупные реки. Неудивительно, что в 100 мл морской воды, взятой близ Марселя, было обнаружено 900 тыс. кишечных палочек, связанных с фекалиями. В Испании запрещено пользоваться для купания многими пляжами и бухтами.

С быстрым ростом приморских городов и промышленности в них сброс в моря промышленных и бытовых стоков достиг такого объема, что море оказалось не в состоянии перерабатывать всю массу отходов. В результате в районах городов образовались обширные зоны загрязнения. Под влиянием загрязнений происходит отравление водных организмов, обеднение фауны, падение рыбного промысла, разрушение природных ландшафтов, зон отдыха курортов и пляжей. В наиболее сильной форме это проявляется в бухтах и заливах, где ограничен обмен воды с открытым морем.

Для борьбы с загрязнением моря близ городов во многих из них сточные воды выбрасывают по специальным многокилометровым трубопроводам далеко от берегов и на большой глубине. Однако эта мера не дает кардинального решения вопроса, так как общее количество сбрасываемых в море загрязнений от этого не уменьшается.

Общее загрязнение Мирового океана нефтью и радиоактивными веществами. Основным загрязнителем морей, значение которого быстро возрастает, является нефть. Этот вид загрязнителя попадает в море разными путями:

при спуске воды после промывки цистерн из-под нефти, при аварии судов, в особенности нефтевозов, при бурении морского дна и авариях на морских нефтепромыслах и т. д.

Загрязнение морей и океанов наносит огромный вред. От нефти гибнут многие водные животные, в том числе ракообразные и рыба. Очень часто рыба, остающаяся живой, не может быть использована из-за сильного нефтяного запаха и неприятного привкуса.

Нефтяные «плавучие острова» странствуют по океаническим и морским течениям или приплывают к берегам. Нефть делает непригодными пляжи, превращает побережья многих стран в пустыни.

С целью предотвращения прогрессирующего загрязнения вод Мирового океана Межправительственная морская консультативная организация по вопросам морского судоходства (ИМКО) разработала Международную конвенцию по предотвращению загрязнения моря нефтью, которую подписали главнейшие морские державы. Согласно конвенции, в частности, все морские районы в пределах 50 миль от берега являются запретными зонами, где не допускается слив нефти в море.

Однако в области охраны морских вод существует много нерешенных вопросов, касающихся главным образом обезвреживания береговых сточных вод и дальнейшего оборудования судов устройствами и системами сбора отходов (нефтеостатков, мусора и др.) и сдаче их на плавучие и береговые сооружения для очистки, утилизации и уничтожения.

Кроме вышеперечисленных типов загрязнения, также существует загрязнение мирового океана пластиковыми бытовыми отходами.

Скопления отходов из пластмасс образуют в Мировом океане под воздействием течений особые мусорные пятна [23].

8.2 Региональные экологические проблемы Республики Беларусь

Одна из основных причин экологических проблем в нашей стране состоит в приоритетном развитии в течение многих лет ресурсоемких, многоотходных отраслей материального производства без учета естественных способностей природной среды к саморегуляции и восстановлению. Наиболее серьезные экологические проблемы Беларуси:

- загрязнение более 1/5 территории республики радионуклидами, что не только резко ограничило ее природно-ресурсный потенциал, но и потребовало огромных затрат на снижение радиационной опасности;
- превышение нормативного уровня загрязнения воздушного бассейна в городах с высоким уровнем концентрации экологоопасных производств и большим парком автотранспорта;
- интенсивная трансформация водосборных бассейнов и водного режима речной сети в результате крупномасштабного осушения заболоченных земель и, как следствие, исчезновение множества малых рек и ручьев;

- опасное загрязнение промышленными, коммунальными и поверхностными сточными водами акваторий водных объектов;
- деградация и загрязнение почв;
- неблагоприятная экологическая ситуация в сельской местности, связанная с многолетним воздействием на среду обитания отходов крупных животноводческих комплексов, химизацией сельского хозяйства, использованием тяжелой сельскохозяйственной техники, изъятием плодородных земель для не сельскохозяйственных целей, эрозией почв антропогенного происхождения, усыханием лесов и трансформацией почв в результате непродуманной крупномасштабной мелиорации и т. д. [12].

Тема 9. Энергосберегающие системы жизнеобеспечения зданий и сооружений

В современных экономических условиях нельзя рассчитывать на успехи в осуществлении хозяйственной деятельности, производстве и реализации выпускаемой продукции, не уделяя самого серьезного внимания сбережению ресурсов. Эффективное экономическое развитие Республики Беларусь в значительной степени связано с решением проблемы энергосбережения, в том числе при эксплуатации зданий и сооружений, на отопление и горячее водоснабжение которых ежегодно приходится свыше трети расходуемых энергоресурсов.

Необходимость принятия кардинальных мер по экономии и бережливому использованию топливно-энергетических ресурсов, широкому применению отечественных ресурсосберегающих конструктивных элементов, материалов и инженерных систем установлена [Директивой Президента Республики Беларусь № 3 \(от 14 июня 2007 г.\) «Экономия и бережливость»](#), [Законом РБ «Об энергосбережении»](#), т. к. экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства.

В строительной отрасли последовательно реализуется комплекс мероприятий, направленных на снижение энергопотребления как при возведении объектов жилищного и гражданского назначения, так и в процессе их эксплуатации. Эти мероприятия включают создание прогрессивных проектно-технических решений, энергоэффективных систем жизнеобеспечения, использование альтернативных источников энергии, совершенствование нормативной и законодательно-правовой базы и ряд других.

Новые подходы к потребительским качествам жилья, современные тенденции в области энерго- и ресурсосбережения требуют разработки и внедрения принципиально новых конструктивных решений зданий, современных организационно-экономических направлений развития отрасли, базирующихся на прогрессивных достижениях строительной науки и техники.

Общие принципы энергосбережения в зданиях и сооружениях. Общие принципы энергосбережения в зданиях и сооружениях включают в себя:

- организацию учета и контроля за использованием энергоресурсов;
- обоснованность норм потребления энергоресурсов, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям к микроклимату зданий;

- уменьшение потерь энергии и энергоносителя до уровня эксплуатационно неизбежных;
- использование энергии вторичных энергоресурсов;
- частичное замещение потребления произведенных энергоресурсов потреблением энергоресурсов природных источников.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха условно можно разделить на четыре группы.

I. Учет и контроль за использованием энергоносителей. Приборный учёт тепловой энергии и расхода теплоносителя относится к организационным мерам и позволяет выявить фактическое потребление, которое в общем случае может отличаться от проектного потребления тепловой энергии зданиями и сооружениями. Это отличие может составлять до 30 % плановых (проектных) показателей. Превышение планового теплоснабжения, как правило, связано с ухудшенными характеристиками ограждающих конструкций.

II. Объемно-планировочные, строительно-конструктивные меры по энергосбережению. Связаны с уменьшением тепловых потерь и теплопоступлений. Конкретная их реализация обеспечивается:

- выбором ориентации здания относительно сторон света;
- выбором формы здания в плане и по вертикали, применением солнцезащитных устройств;
- уменьшением затрат энергии на искусственное освещение;
- выбором степени и характера остекления;
- подбором тепловой изоляции, обеспечивающей термическое сопротивление элементов ограждающих конструкций, удовлетворяющих нормам тепловой защиты зданий. Вторая составляющая мер по энергосбережению из этой группы связана с уменьшением расхода инфильтрующегося воздуха (герметизация проемов и стыков).

В целом все рассмотренные выше мероприятия предусматриваются на стадии проектирования зданий.

III. Технические меры по энергосбережению – совершенствование систем и их элементов. К этой группе мероприятий по энергосбережению можно отнести:

- уточнение расчетных условий (выбор расчетных температур наружного и внутреннего воздуха, правильный выбор необходимого количества свежего воздуха);
- зональный и точечный обогрев, выравнивание температурного градиента по высоте помещений;
- уменьшение инфильтрации (создание подпора, воздушных завес и др.);
- снижение потерь (изоляция трубопроводов и воздухопроводов, уменьшение коэффициентов гидравлических и аэродинамических потерь, исключение утечек теплоносителя, повышение тепловой эффективности теплообменного оборудования);
- регулирование мощности систем с использованием различных способов, обеспечивающих снижение расхода энергии;

- комбинирование систем (например, центральная и автономная системы кондиционирования воздуха) с другими системами (например, комбинирование системы кондиционирования воздуха и системы отопления);
- автоматизация процессов теплоснабжения и подготовки воздуха;
- интенсификация процессов тепло- и массообмена для оборудования, обеспечивающего микроклимат зданий, и др.;
- обеспечение пропускной способности трубопроводов водяных систем.

IV. Энергосбережение путем утилизации природных теплоты и холода, использования вторичных энергоресурсов. Эта группа мероприятий по энергосбережению включает в себя:

- пассивное и активное использование солнечной энергии;
- пассивное и активное (с применением теплонасосных установок) использование природных теплоты и холода воды, наружного воздуха, грунта;
- использование потенциала вторичных энергоресурсов (теплоты и холода удаляемого воздуха, теплоты источников освещения, нагревательных приборов, сточных вод и др.);
- использование теплонасосных установок в целях повышения потенциала природных источников теплоты и вторичных энергоресурсов.

В целом мероприятия рассматриваемой нами четвертой группы по энергосбережению можно разделить:

- на долгосрочные мероприятия (требующие значительных капитальных вложений, со сроком окупаемости более 5 лет). К долгосрочным мероприятиям относятся, например, утепление наружных стеновых ограждений зданий с использованием жестких плит, гибких матов и других материалов, замена оконных блоков и др.;
- на среднесрочные мероприятия (со сроком окупаемости от 2 до 5 лет). Включают в себя, например, внедрение оптимальных графиков регулирования расхода и температуры теплоносителя с использованием средств автоматизации и контроля, уплотнение оконных и дверных проемов, стыков стеновых панелей;
- на первоочередные мероприятия (со сроком окупаемости до 2 лет). Характеризуются малым сроком внедрения и небольшим сроком окупаемости. К ним могут относиться, например, организационные мероприятия, позволяющие заинтересовать потребителей тепловой энергии в экономии топлива, технические мероприятия по обеспечению требуемого качества сетевой воды и др.

Использование вторичных энергетических ресурсов в зданиях и сооружениях на примере установок кондиционирования воздуха, работающих с использованием рециркуляции и утилизации теплоты отработавших в помещении вентиляционных выбросов.

Наиболее простым, не требующим значительных капиталовложений методом снижения затрат теплоты, поступающей от внешних источников, на подогрев воздуха в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха является *рециркуляция* воздушного потока. При этом часть удаляемого воздуха подмешивается к воздуху, подаваемому в помещение.

Использование вторичных энергетических ресурсов в зданиях и сооружениях на примере теплового пункта, работающего на принципе утилизации теплоты вытяжного воздуха с применением теплонасосных установок (ТНУ).

Энергетическая эффективность ТНУ оценивается коэффициентом преобразования, равным отношению теплоты, полученной в конденсаторе, к тепловому эквиваленту электроэнергии, затраченной на привод компрессора. Обычно этот коэффициент равен 3-4, т. е. на единицу мощности привода приходится 3-4 единицы тепловой мощности низкопотенциального источника теплоты.

Для работы тепловых насосов в целях тепло- или холодоснабжения зданий могут быть использованы следующие природные источники теплоты:

- наружный воздух (при положительных температурах);
- вода естественных и искусственных водоемов (рек, озер, морей);
- геотермальные источники;
- грунт, при этом теплоту получают с помощью специальных трубчатых теплообменников;
- подземные воды;
- солнечное излучение.

Низкопотенциальную теплоту вторичных энергетических ресурсов можно использовать напрямую с помощью теплообменных аппаратов (например, для подогрева приточного вентиляционного воздуха) или с помощью теплонасосных установок [2].

Раздел 2

ОХРАНА ТРУДА

Тема 10. Основные разделы охраны труда. Правовые и организационные основы

10.1 Законодательство в области охраны труда

Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

Важнейший социальный эффект от реализации мер по охране труда – это сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение числа несчастных случаев и заболеваний на производстве.

Здоровые и безопасные условия труда способствуют повышению производительности, удовлетворенности работников своим трудом, созданию хорошего психологического климата в трудовых коллективах, что ведет к снижению текучести кадров, созданию стабильных трудовых коллективов.

Недостатки в работе по охране труда обуславливают значительные экономические потери. Заболеваемость и травматизм работников, затраты на компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда приводят к ухудшению экономических результатов работы предприятия.

Согласно данным Департамента государственной инспекции труда в Республике Беларусь ежегодно происходит около 6000 несчастных случаев, из них 250–300 – случаи со смертельным исходом, более 800 – с тяжелым исходом. Только из-за травматизма на производстве теряется около 200 000 человеко-дней. На производствах с вредными условиями труда регистрируется более 180 случаев профессиональных заболеваний.

Кроме этого, несчастные случаи, как правило, ведут к нарушению производственного цикла, приостановке или изменению технологических процессов, а зачастую – к повреждению оборудования, машин и механизмов.

Основные причины травматизма с тяжелым исходом:

- неудовлетворительное содержание и организация рабочих мест;
- низкий уровень технической оснащенности производства;
- эксплуатация неисправных, не соответствующих требованиям безопасности машин, механизмов и оборудования;
- недостаточная обеспеченность и низкая эффективность средств коллективной (СЗК) и индивидуальной защиты (СИЗ);

- нарушение потерпевшим трудовой и производственной дисциплины, нормативных правовых актов по охране труда;
- недостаточное знание персоналом требований безопасности выполнения работ;
- игнорирование высококвалифицированными работниками требований по охране труда;
- низкий уровень подготовки кадров по охране труда;
- некомпетентное решение вопросов охраны труда руководителями предприятий;
- невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда и др.

За последнее время принят новый Трудовой кодекс, а также ряд законов, постановлений Правительства Республики Беларусь, направленных на совершенствование правовых отношений в сфере охраны труда.

10.1.1 Государственная политика в области охраны труда

[Конституцией Республики Беларусь](#) (ст. 2) провозглашено, что «человек, его права, свободы и гарантии их реализации, являются высшей ценностью и целью общества и государства», ст. 41, 45 гарантируют права граждан на здоровые и безопасные условия труда, охрану их здоровья.

В Республике Беларусь разработана Концепция государственного управления охраной труда, которая определяет, что *цель государственной политики в области охраны труда* – сохранение жизни и здоровья граждан в процессе трудовой деятельности.

Основные принципы государственной политики в области охраны труда:

- приоритет жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности;
- обеспечение гарантий права работников на охрану труда;
- установление обязанностей всех субъектов правоотношений в области охраны труда, полной ответственности нанимателей за обеспечение здоровых и безопасных условий труда;
- совершенствование правоотношений и управления в этой сфере, включая внедрение экономического механизма обеспечения охраны труда.

Государственное управление охраной труда – это деятельность субъектов государственного управления охраной труда, направленная на реализацию конституционных прав граждан на здоровые и безопасные условия труда.

Субъекты государственного управления охраной труда – Правительство Республики Беларусь; республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь; местные исполнительные и распорядительные органы.

Для достижения цели государственного управления охраной труда необходимо решение следующих задач:

- уточнение функций и ответственности субъектов государственного управления охраной труда;

- усиление профилактической направленности решений субъектов государственного управления охраной труда на всех уровнях;
- совершенствование государственного управления охраной труда, внедрение экономических механизмов и методов прогнозирования в этой сфере;
- сертификация систем управления охраной труда в организациях;
- включение системы управления охраной труда в общую систему управления производством;
- совершенствование нормативного правового обеспечения охраны труда.

Основные направления государственной политики в области охраны труда:

- государственное управление деятельностью в области охраны труда, включая государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства по этим вопросам;
- принятие законов и иных нормативных правовых актов, направленных на совершенствование правоотношений в этой сфере, установление единых нормативных требований в области безопасности и гигиены труда;
- комплексное решение задач обеспечения здоровых и безопасных условий труда с учетом других направлений социальной и экономической политики, достижений в области науки, техники, технологий и охраны окружающей среды;
- организация научно-исследовательских работ по вопросам безопасности и гигиены труда, участие государства в финансировании республиканских программ по улучшению условий и охраны труда;
- использование экономического механизма в управлении охраной труда, проведении налоговой политики, стимулирующей создание здоровых и безопасных условий труда, разработку и внедрение безопасных технологий, эффективных средств защиты;
- взаимодействие и сотрудничество органов государственного управления с нанимателями и профессиональными союзами в разработке и реализации государственной политики в области охраны труда, содействие общественному контролю за соблюдением прав и интересов в области охраны труда;
- обеспечение социально-экономической защиты прав работников в области охраны труда, в том числе потерпевших на производстве, а также членов их семей на основе обязательного страхования от несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда;
- подготовка специалистов, обучение и повышение квалификации работников по вопросам охраны труда;
- организация государственной статистической отчетности, создание системы информации и мониторинга о состоянии условий труда и охраны труда;
- международное сотрудничество, создание условия для ратификации конвенций Международной организации труда, документов других международных организаций, межгосударственных договоров и соглашений в области охраны труда.

10.1.2 Государственное управление охраной труда

Государственное управление охраной труда реализуется на следующих уровнях:

- республиканском;
- отраслевом;
- территориальном.

На *республиканском уровне* государственное управление охраной труда осуществляется правительством Республики Беларусь или уполномоченным им республиканским органом государственного управления в сфере труда, иными республиканскими органами государственного управления в пределах их компетенции.

На *отраслевом уровне* государственное управление охраной труда осуществляется республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь.

На *территориальном уровне* государственное управление охраной труда осуществляется местными исполнительными или распорядительными органами.

Правительство Республики Беларусь обеспечивает проведение единой государственной политики в области охраны труда, определяет полномочия в области охраны труда республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, организует разработку республиканских целевых программ улучшения условий и охраны труда.

Исходя из принципов и основных направлений государственной политики в области охраны труда, *органы государственного управления охраной труда осуществляют:*

- разработку и принятие в пределах их компетенции нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, содержащих требования по охране труда, разработку и реализацию отраслевых целевых программ улучшения условий и охраны труда;
- контроль за соблюдением требований по охране труда в подчиненных им организациях;
- анализ причин производственного травматизма, профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости, разработку и реализацию мер по их профилактике в подчиненных им организациях;
- организацию обучения, повышения квалификации и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов подчиненных им организаций.

Местные исполнительные и распорядительные органы осуществляют:

- разработку и реализацию территориальных целевых программ по улучшению условий и охраны труда;
- контроль за соблюдением требований по охране труда в организациях, расположенных на подведомственной им территории;
- информационное обеспечение организаций, расположенных на подведомственной им территории, по вопросам охраны труда;
- организацию обучения, повышения квалификации и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов организаций, расположенных

на подведомственной им территории, которые не находятся в подчинении республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, и других организаций.

Исходя из названных и других направлений работы, органы государственного управления охраной труда с участием, в рамках социального партнерства, объединений нанимателей и профсоюзов реализуют в пределах предоставленных законодательством прав и полномочий государственную политику в области охраны труда по вопросам, входящим в их компетенцию [16].

10.2 Правовые нормы в области охраны труда

Правовой основой организации работы по охране труда в республике является [Конституция Республики Беларусь](#) (ст. 41, 45), которой гарантируются права граждан на здоровые и безопасные условия труда, охрану их здоровья.

Основопологающим актом, регулирующим правоотношения в сфере охраны труда, в настоящее время является [Трудовой кодекс Республики Беларусь](#), который:

- определяет основные обязанности, права и ответственность нанимателей и работников по вопросам охраны труда;
- устанавливает гарантии права работников на охрану труда;
- регламентирует деятельность службы охраны труда;
- устанавливает функции государства в этой области;
- предусматривает систему государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда и общественный контроль в этой области.

[Закон Республики Беларусь «Об охране труда»](#) направлен на регулирование общественных отношений в области охраны труда и реализацию установленного Конституцией Республики Беларусь права граждан на здоровые и безопасные условия труда.

[Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»](#) направлен на предупреждение воздействия неблагоприятных факторов среды обитания на здоровье населения и регламентирует действия органов государственной власти и управления предприятий, учреждений и организаций, общественных объединений, должностных лиц и граждан по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия, устанавливает государственный санитарный надзор за соблюдением санитарных норм и гигиенических нормативов.

[Закон «О техническом нормировании и стандартизации»](#) регулирует отношения, возникающие при разработке, утверждении и применении технических требований к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг, определяет правовые и организационные основы технического нормирования и стандартизации и направлен на обеспечение единой государственной политики в этой области.

[Закон Республики Беларусь «О пожарной безопасности»](#) определяет правовую основу и принципы организации системы пожарной безопасности и государственного пожарного надзора в Республике Беларусь, действующих в целях защиты от пожаров жизни и здоровья людей, национального достояния, всех видов собственности и экономики Республики Беларусь.

Указ Президента Республики Беларусь от 25 августа 2006 г. № 530 «О страховой деятельности» направлен на усиление социальной защиты граждан, потерпевших в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, регулирует вопросы возмещения причиненного их жизни или здоровью вреда, стимулирует реализацию мер по предупреждению и сокращению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий производственных аварий.

Закон устанавливает орган, который осуществляет государственное управление промышленной безопасностью, и органы, которые осуществляют государственный надзор в области промышленной безопасности.

Закон определяет лицензирование видов деятельности в области промышленной безопасности, сертификацию технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, а также экспертизу и разработку декларации промышленной безопасности.

В законе установлены требования к организации и проведению производственного и общественного контроля в области промышленной безопасности, а также предусмотрен учет аварий и инцидентов, ответственность за нарушения законодательства в области промышленной безопасности.

Имеются также другие законодательные акты, которые в той или иной части регулируют правоотношения в области охраны труда.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) является составной частью государственной системы стандартов. Ее разработка была вызвана необходимостью координации и планирования подготовки и издания документов, регламентирующих требования охраны труда.

В ССБТ входят стандарты классификационных группировок (подсистем) от 0 до 9:

0 – организационно-методические стандарты основ построения системы. В данную группировку входит структура ССБТ, терминология в области безопасности, классификация опасных и вредных производственных факторов, введение требований безопасности в конструкторскую и технологическую документацию, порядок внедрения и контроля за соблюдением стандартов ССБТ. К ним относятся: ГОСТ 12.0.001 «ССБТ. Основные положения»; ГОСТ 12.0.002 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения»; ГОСТ 12.0.003 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»; ГОСТ 12.0.004 «ССБТ. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения» и др.

1 – Государственные стандарты требований и норм контроля по видам опасных и вредных производственных факторов. В эту группировку (подсистему) входят характеристики опасного и вредного производственного фактора (вид, оказываемое действие, возможные последствия), предельно допустимые уровни, предельно допустимые концентрации опасного и вредного производственного фактора и методы контроля, а также методы и средства защиты работающих от действия опасного и вредного производственного фактора. Стандарты этой подсистемы разработаны на основе ГОСТ 12.0.003 и определяют особенности разработки стандартов ССБТ на конкретный опасный и вредный производственный фактор или вещество.

2 – Государственные стандарты требований безопасности к производственному оборудованию устанавливают: требования безопасности к конструкции оборудования в целом и к отдельным его элементам (органам управления, рабочим органам, основным элементам конструкции, средствам контроля и сигнализации, защитным устройствам; особенностям монтажных и ремонтных работ, транспортированию, хранению и т. д.). Головной стандарт этой группировки ГОСТ 12.2.003 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» устанавливает особенности построения стандартов требований безопасности на конкретные группы, типы и виды производственного оборудования.

3 – Государственные стандарты требований безопасности к производственным процессам устанавливают:

- требования безопасности к размещению элементов технологических систем;
- требования к режимам работы производственного оборудования;
- требования к рабочим местам и режимам труда персонала;
- требования к системам управления;
- требования к применению средств защиты работающих;
- методы контроля требований безопасности.

Головной стандарт этой подсистемы ГОСТ 12.3.002 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности» устанавливает основы и особенности построения, содержания стандартов ССБТ и требования безопасности к конкретным типам и группам производственных процессов.

4 – Государственные стандарты требований к средствам защиты работающих устанавливают:

- требования к конструктивным, эксплуатационным, защитным и гигиеническим свойствам средств защиты;
- требования к методам их испытаний и оценки;
- рекомендации по применению средств индивидуальной защиты.

Головной стандарт данной подсистемы ГОСТ 12.4.011 «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация» содержит особенности построения стандартов на средства защиты работающих.

Остальные подсистемы 5–9 – резервные.

Порядок применения межгосударственных стандартов предусмотрен ст. 20 «Применение государственных стандартов» и ст. 21 «Применение международных

и межгосударственных стандартов» Закона Республики Беларусь от 5 января 2004 г. № 262-3 «О техническом нормировании и стандартизации».

Обеспечение производственной санитарии регулируется санитарными правилами (СП), санитарными нормами (СН), гигиеническими нормативами (ГН), санитарными правилами и нормами (СанПиН), методическими указаниями (МУ).

На основе действующего законодательства и других нормативных правовых актов Республики Беларусь, содержащих требования по охране и безопасности труда, в настоящее время разрабатываются и вводятся в действие технические кодексы установившейся практики (ТКП), которые содержат вопросы охраны труда при инженерных изысканиях для строительства, при проектировании и строительстве, а также эксплуатации зданий и сооружений.

Инструкции по охране труда. Важнейшими локальными нормативными правовыми актами являются инструкции по охране труда, требования которых направлены на безопасное выполнение конкретных работ. Инструкции разрабатываются на основе стандартов безопасности труда, правил и норм безопасности и медицины труда, типовых инструкций, требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации заводов – изготовителей оборудования, а также на основе технологической документации предприятия с учетом конкретных условий производства.

Инструкция – нормативный документ, определяющий требования безопасности при выполнении работающими своих должностных обязанностей или порученной работы. Инструкции разрабатываются для профессий и на отдельные виды работ.

Отличительные особенности инструкций – конкретность и отражение в них только тех требований, которые непосредственно должны выполнять работающие.

Для вводимых в действие новых производств допускается разработка временных инструкций на срок до приемки производства в эксплуатацию государственной приемочной комиссией.

Каждой инструкции должно быть присвоено наименование и обозначение.

Инструкция должна содержать следующие разделы:

1. Требования безопасности перед началом работы.
2. Требования безопасности при выполнении работы.
3. Требования безопасности при аварийных ситуациях.
4. Требования безопасности по окончании работ.

В необходимых случаях в инструкцию могут включаться дополнительные разделы.

Требования инструкций являются обязательными для работников, и невыполнение этих требований рассматривается как нарушение трудовой дисциплины.

Наниматель обязан обеспечить работников инструкциями и организовать их изучение до начала работ.

Выполнение требований инструкций проверяется при осуществлении всех видов контроля в системе управления охраной труда.

Утверждение инструкций осуществляется приказом руководителя. Инструкция вводится в действие с момента утверждения либо со дня, указанного в приказе.

Инструкции должны быть введены до внедрения технологического процесса или ввода в действие нового оборудования после соответствующего обучения сотрудников.

Инструкции подвергаются периодической проверке с целью обеспечения их соответствия современным требованиям по охране труда. Проверка инструкций проводится не реже одного раза в 5 лет, а инструкций для профессий и работ с повышенной опасностью – не реже одного раза в 3 года.

10.3 Органы надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда

Согласно [ст. 462 «Система государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде»](#) ТК РБ систему государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде составляют специально уполномоченные государственные органы, действующие в соответствии с законодательством. В настоящее время в республике в системе республиканских органов государственного управления действуют Департамент государственной инспекции труда, Госпромнадзор, Госатомнадзор, Госэнергонадзор, Госсаннадзор, Госпознадзор, Гостехнадзор, ГАИ, Государственная экспертиза по условиям труда.

Основные виды контроля за состоянием охраны труда:

- контроль, осуществляемый органами государственного надзора;
- контроль за соблюдением работниками требований по охране труда в организации и структурных подразделениях;
- контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия;
- оперативный контроль руководителей и других должностных лиц;
- ведомственный контроль (*осуществляется службой охраны труда министерств и их подразделений*).

Государственные органы надзора и контроля осуществляют:

- надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде и охране труда (*Департамент государственной инспекции труда*);
- надзор за безопасной работой в промышленности (*Госпромнадзор*);
- надзор за ядерной и радиационной безопасностью (*Госатомнадзор*);
- надзор за безопасной эксплуатацией электрических и теплоиспользующих установок (*Госэнергонадзор*);
- надзор за соблюдением санитарного законодательства, санитарных норм, правил и гигиенических нормативов (*Госсаннадзор*);
- контроль за проведением аттестации рабочих мест и установлением доплат по условиям труда, правильностью применения списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на пенсию за работу с особыми условиями труда (*Государственная экспертиза по условиям труда*);
- контроль в сфере обеспечения безопасности дорожного движения (*ГАИ*);
- надзор за обеспечением пожарной безопасности (*Госпознадзор*);
- надзор за техническим состоянием тракторов, мелиоративных, дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин и оборудования (*Гостехнадзор*);

Должностные лица органов государственного надзора и контроля имеют право:

- беспрепятственно осуществлять проверки соблюдения законодательства об охране труда, получать от нанимателей и должностных лиц, в том числе в письменном виде, необходимые документы, разъяснения, информацию по этим вопросам;
- выдавать должностным лицам обязательные для исполнения предписания по устранению нарушений законодательства об охране труда;
- приостанавливать работу предприятий, цехов, производственных участков, других структурных подразделений предприятия, эксплуатацию станков, машин, иного оборудования, транспортных средств, запрещать проведение работ, применение материалов и химических веществ, если такая производственная деятельность осуществляется с нарушением требований по охране труда, создающим угрозу жизни и здоровью работающих;
- налагать на должностных лиц, а в случаях, предусмотренных законодательством, на нанимателей и граждан штрафы за нарушения законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда;
- в необходимых случаях направлять в установленном порядке представления о несоответствии должностных лиц занимаемой должности, передавать материалы органам прокуратуры для привлечения лиц, нарушающих законодательство об охране труда, к уголовной ответственности.

Решения должностных лиц органов государственного надзора и контроля, принятые в пределах предоставленных им полномочий, являются обязательными для исполнения, а их обжалование осуществляется в соответствии с законодательством.

10.3.1 Полномочия Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь

Полномочия департамента определены Положением о Департаменте государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, утвержденным [Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 июля 2006 г. № 959](#).

Согласно положению Департамент осуществляет специальные надзорные и контрольные функции за соблюдением законодательства о труде и охране труда всеми нанимателями независимо от форм собственности.

Департамент:

- заслушивает уполномоченных должностных лиц республиканских органов государственного управления, нанимателей по вопросам соблюдения законодательства о труде, требует от них объяснения по фактам выявленных нарушений;
- вносит в установленном порядке предложения о приостановлении или отмене действия противоречащих законодательству нормативных правовых актов республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, нанимателей;

– вносит предложения соответствующим органам и нанимателям о привлечении к ответственности лиц, допустивших нарушения законодательства о труде, вплоть до освобождения их от занимаемой должности;

– контролирует проведение республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами и нанимателями работы по обучению руководителей и специалистов, проверке их знаний законодательства о труде и охране труда и требует в предусмотренных случаях проведения внеочередной проверки знаний по этим вопросам;

– вносит предложения соответствующим государственным органам о приостановлении действия или аннулировании разрешения (лицензии), свидетельства, аттестации, аккредитации и сертификата в случае выявления нарушений требований законодательства об охране труда, создающих угрозу жизни и здоровью работающих.

Государственный инспектор труда имеет право:

– по предъявлении удостоверения установленного образца беспрепятственно в любое время суток приходить на территорию, объекты и в помещения нанимателя для проверки соблюдения законодательства о труде;

– знакомиться с документами, ведение которых предписано законодательством о труде, для проверки их соответствия законодательству, получать копии этих документов, если на это отсутствуют законодательные ограничения;

– выдавать нанимателю обязательные для исполнения предписания об устранении нарушений законодательства о труде;

– требовать от нанимателей путем выдачи предписаний отстранения от работы работников в случаях, предусмотренных законодательством, в том числе не прошедших обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда;

– приостанавливать (запрещать) работу предприятия, цехов, производственных участков, станков, машин, другого оборудования в случае выявления нарушений правил по охране труда, создающих угрозу жизни и здоровью работников, до устранения нарушений в установленном порядке;

– проводить расследование несчастных случаев на производстве, давать заключения об их причинах, о лицах, допустивших нарушения законодательства о труде и охране труда;

– налагать в установленном порядке за нарушения законодательства о труде и охране труда штрафы на должностных лиц, применять к нанимателям экономические санкции или выносить им предупреждение;

– составлять протоколы по делам об административных правонарушениях на должностных лиц в случаях, предусмотренных законодательством, и направлять их в суд;

– получать от нанимателей и уполномоченных должностных лиц необходимые документы (сведения) по операциям и счетам, связанные с наличием и выплатой заработной платы;

– требовать от нанимателя путем выдачи предписаний проведения независимой экспертизы производственных зданий, технологических процессов, оборудования и других объектов, которые он имеет основание считать угрожающими безопасности или здоровью работников;

- запрещать производство и использование средств индивидуальной и коллективной защиты, не отвечающих условиям труда и не соответствующих требованиям нормативно-технической документации;
- изымать для анализа образцы используемых и обрабатываемых материалов и веществ при условии уведомления об этом нанимателя (уполномоченного должностного лица) и отсутствия ограничений на изъятие;
- устанавливать факт нарушения нанимателем законодательства о труде, коллективного или трудового договора, дающего право работнику требовать досрочного расторжения трудового договора.

10.3.2 Полномочия Департамента по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям (Госпромнадзор)

Полномочия Госпромнадзора определены [Указом Президента Республики Беларусь о Министерстве по чрезвычайным ситуациям от 14 ноября 2022 г. № 405](#).

Задачи и функции Госпромнадзора. Департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госпромнадзор) является структурным подразделением с правами юридического лица центрального аппарата Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (МЧС), осуществляющим специальные функции в области промышленной безопасности, безопасности перевозки опасных грузов.

Основные задачи Госпромнадзора:

- осуществление надзорной деятельности в области промышленной безопасности, перевозки опасных грузов;
- предупреждение несчастных случаев, аварий и инцидентов на опасных производственных объектах и (или) потенциально опасных объектах и при перевозке опасных грузов;
- участие в реализации государственной политики в области промышленной безопасности, перевозки опасных грузов.

Госпромнадзор в соответствии с возложенными на него обязанностями:

- 1) осуществляет государственный надзор за организацией работ:
 - а) в отношении опасных производственных объектов и (или) потенциально опасных объектов при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности;
 - б) по обеспечению безопасной перевозки опасных грузов;
- 2) в установленном порядке проводит техническую экспертизу, техническое освидетельствование и диагностирование технических устройств, используемых на потенциально опасных объектах, а также экспертизу их проектной и проектно-конструкторской документации;
- 3) осуществляет сбор, накопление и анализ информации о несчастных случаях, подлежащих специальному расследованию, авариях на потенциально опасных объектах, а также инцидентах, которые могут привести к авариям, сведений

об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности, безопасности перевозки опасных грузов, принимает меры по предупреждению указанных несчастных случаев, аварий, инцидентов;

4) проводит техническое расследование причин аварий, инцидентов, специальное расследование несчастных случаев, произошедших на опасных производственных и (или) потенциально опасных объектах;

5) разрабатывает и направляет республиканским органам государственного управления, местным исполнительным и распорядительным органам и иным организациям обязательные для рассмотрения предложения по вопросам повышения устойчивости функционирования опасных производственных и (или) потенциально опасных объектов;

6) участвует в лицензировании МЧС деятельности в области промышленной безопасности, в установленном порядке выдает разрешения (свидетельства) на право выполнения отдельных видов работ (оказания отдельных видов услуг) при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности, перевозки опасных грузов;

7) регистрирует опасные производственные объекты в государственном реестре опасных производственных объектов;

8) участвует в работе комиссий по испытаниям потенциально опасных объектов, технических устройств;

9) информирует в соответствии с законодательством общественность о состоянии безопасности потенциально опасных объектов;

10) разрабатывает и представляет в МЧС:

а) предложения о государственном регулировании в области промышленной безопасности, перевозки опасных грузов;

б) предложения по координации деятельности республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, иных организаций по обеспечению промышленной безопасности, перевозки опасных грузов;

в) предложения о состоянии дел по обеспечению промышленной безопасности, перевозки опасных грузов для использования их при подготовке ежегодного доклада Совету Министров Республики Беларусь;

11) оказывает в установленном порядке организациям и гражданам платные услуги;

12) рассматривает в установленном порядке обращения организаций и граждан по вопросам, относящимся к его компетенции [19].

10.3.3 Основные задачи санитарно-эпидемиологической службы

Согласно [Закону Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»](#) основной задачей санитарно-эпидемиологической службы является осуществление государственного санитарного надзора за соблюдением санитарного законодательства и санитарных правил предприятиями, учреждениями, организациями, должностными лицами и гражданами.

Органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор в Республике Беларусь, составляют единую систему, возглавляемую *Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь*.

Организация и проведение государственного санитарного надзора на территории Республики Беларусь *возлагаются на следующих должностных лиц:*

- Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь и его заместителей;

- главных государственных санитарных врачей областей, городов, районов, районов в городе и их заместителей;

- иных должностных лиц и специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор.

Главный государственный санитарный врач Республики Беларусь, главные государственные санитарные врачи областей, городов, районов, районов в городе и их заместители имеют право в установленном порядке:

- вызывать должностных лиц и граждан для рассмотрения материалов по фактам нарушений санитарного законодательства Республики Беларусь и санитарных правил;

- рассматривать дела о санитарных правонарушениях, налагать административные взыскания;

- передавать материалы о санитарных правонарушениях в следственные органы для возбуждения уголовных дел, представлять предложения о применении мер дисциплинарного взыскания к виновным;

- предъявлять требования к физическим и юридическим лицам о возмещении в установленном порядке ущерба, причиненного здоровью населения, и компенсации дополнительных расходов лечебно-профилактических и санитарно-эпидемиологических учреждений на оказание медицинской помощи больным, проведение санитарно-гигиенических, противоэпидемических и противорадиационных мероприятий при возникновении профессиональных и групповых заболеваний и отравлений людей;

- получать бесплатно и без каких-либо ограничений от предприятий, учреждений, организаций, общественных объединений, должностных лиц и граждан сведения и документы, необходимые для выполнения задач, возложенных на органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор;

- отбирать образцы (пробы) материалов, веществ, изделий, пищевых продуктов, воздуха, воды и почвы для лабораторных исследований и проведения гигиенической экспертизы;

- беспрепятственно посещать в любое время суток и без предварительного уведомления (при предъявлении служебного удостоверения) предприятия, учреждения и организации с целью проверки соблюдения санитарного законодательства Республики Беларусь и санитарных правил;

- приостанавливать до проведения необходимых мероприятий и устранения имеющихся нарушений санитарных правил, а в случае невозможности их соблюдения прекращать работы по проектированию и строительству объектов и их пусковых комплексов;

- приостанавливать эксплуатацию действующих предприятий, учреждений, организаций, отдельных производственных цехов, участков, помещений, зданий, сооружений, оборудования, транспортных средств, а также выполнение отдельных видов работ;

- приостанавливать разработку, производство, применение (использование) и реализацию продукции хозяйственного комплекса [1].

10.3.4 Права органов государственного пожарного надзора

Органы государственного пожарного надзора Республики Беларусь:

- осуществляют надзор за соблюдением требований законодательства, нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;

- дают заключения по проектам нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;

- осуществляют выборочный контроль за выполнением противопожарных требований при проектировании, строительстве, реконструкции и техническом перевооружении объектов;

- участвуют в комиссиях по приемке в эксплуатацию законченных строительных объектов;

- оказывают помощь внештатным пожарным формированиям в организации профилактической работы и боевой подготовки;

- оказывают помощь в обучении учащихся, студентов и работников требованиям пожарной безопасности;

- информируют население о состоянии пожарной безопасности объектов и результатах надзорной деятельности;

- осуществляют производство дознания по уголовным делам о пожарах.

Органам государственного пожарного надзора для выполнения возложенных на них обязанностей, в частности, предоставлено право:

- проводить пожарно-технические обследования объектов, выдавать предписания, предупреждения, заключения и рекомендации по устранению нарушений нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;

- утверждать нормы и правила пожарной безопасности;

- приостанавливать действие нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации, не согласованных с органами государственного пожарного надзора и противоречащих требованиям пожарной безопасности;

- согласовывать проекты на строительство объектов, в которых отсутствуют противопожарные требования, а также проекты с обоснованными отступлениями от противопожарных требований;

- требовать и получать сведения и документы, характеризующие состояние пожарной безопасности зданий, сооружений и выпускаемой продукции, а также о пожарах и их последствиях;

- осуществлять проверку знаний вопросов пожарной безопасности работниками и гражданами в предусмотренных законодательством случаях;
- координировать и проводить научные исследования, государственные испытания, сертификацию и лицензирование в области пожарной безопасности;
- приостанавливать полностью или частично при невыполнении соответствующих предупреждений работу организаций, строительство, реконструкцию, реставрацию, техническое переоснащение, ремонт объектов и производство других работ при нарушении требований нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации и проектной документации;
- запрещать эксплуатацию зданий, сооружений, помещений, машин, приборов и других устройств, функционирующих с нарушением противопожарных требований. Приостановка осуществляется без соответствующего предупреждения, если создается непосредственная угроза возникновения пожара;
- запрещать выпуск, реализацию и использование продукции, не соответствующей требованиям нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации [10].

10.3.5 Общественный контроль за соблюдением законодательства об охране труда

В соответствии со ст. 463 «Общественный контроль за соблюдением законодательства о труде» ТК РБ *общественный контроль за соблюдением законодательства о труде осуществляют профсоюзы* в порядке, установленном Правительством Республики Беларусь, [Указом Президента Республики Беларусь от 6 мая 2010 г. № 240 «Об осуществлении общественного контроля профессиональными союзами»](#), Постановлением Президиума Совета Федерации профсоюзов Беларуси 25.08.2010 № 180.

В соответствии с указанным документом общественный контроль за соблюдением нанимателем, собственником или уполномоченным им органом управления законодательства Республики Беларусь о труде осуществляют профсоюзы (их объединения) через их *правовые инспекции труда*, создание которых предусмотрено уставами профсоюзов.

Правовые инспекции труда профсоюзов осуществляют общественный контроль в формах:

- проверки – совокупности мероприятий, проводимых профсоюзами, по итогам которых оценивается соответствие требованиям законодательства, коллективного договора (соглашения) осуществляемой контролируруемыми субъектами деятельности по обеспечению трудовых и социально-экономических прав граждан, действий (бездействия) должностных лиц и иных работников контролируемых субъектов;
- мониторинга – мероприятий по наблюдению, анализу, оценке соблюдения трудовых и социально-экономических прав граждан;
- участия в работе коллегиальных органов, комиссий;
- иных формах, предусмотренных законодательством, коллективными договорами (соглашениями).

Общественные инспекторы по охране труда осуществляют общественный контроль за соблюдением законодательства о труде в организациях, в которых они работают.

Полномочия представителя профсоюза на осуществление общественного контроля за соблюдением законодательства Республики Беларусь о труде подтверждаются документом, оформленным и выданным в установленном порядке.

Профсоюзы (их объединения) информируют орган, осуществляющий государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде, о лицах, которые являются правовыми и техническими инспекторами труда.

Информация об общественных инспекторах по охране труда направляется соответствующему нанимателю, собственнику или уполномоченному им органу управления.

Правовые инспекторы труда профсоюза имеют право:

- посещать предприятия для проведения проверок;
- запрашивать и получать информацию от должностных лиц о несчастных случаях и профзаболеваниях;
- осматривать рабочие места, объекты;
- принимать участие в расследованиях несчастных случаев и профзаболеваний;
- требовать от нанимателя немедленного устранения нарушений по охране труда;
- требовать от нанимателя путем выдачи представления отстранения от работы работников в случаях, предусмотренных законодательством.

Представления правовых и технических инспекторов труда являются обязательными для исполнения, а представления общественных инспекторов – для рассмотрения.

Наниматель обязан рассмотреть представление в месячный срок со дня его получения и письменно уведомить профсоюз о результатах рассмотрения.

При осуществлении государственного надзора и контроля специально уполномоченные *государственные органы взаимодействуют между собой, а также с профсоюзными органами, осуществляющими общественный контроль* за соблюдением законодательства о труде.

Для практического осуществления такой деятельности в республике создан [Координационный совет органов надзора и контроля](#), возглавляемый директором Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь.

10.4 Виды ответственности за несоблюдение требований по охране труда

За нарушение законодательных и других нормативных и правовых актов по охране труда наниматели и работники несут установленную законодательством и коллективными договорами ответственность.

За нарушение законодательства об охране труда предусмотрены следующие виды ответственности:

- дисциплинарная;
- материальная;
- административная;
- уголовная.

Дисциплинарная ответственность наступает в случаях нарушения трудового распорядка, правил и норм по охране труда. В соответствии с действующим трудовым законодательством за нарушение трудовой дисциплины, в том числе и норм по охране труда, *наниматель может применять следующие дисциплинарные взыскания* (ст. 198–204 ТК РБ):

- замечание;
- выговор;
- увольнение.

Административная ответственность (штрафы на должностных лиц) предусмотрена Кодексом об административных правонарушениях Республики Беларусь (КоАП) – от 20 до 50 базовых величин, а на юридическое лицо – до 300 базовых величин. То же деяние, совершенное повторно в течение одного года после наложения административного взыскания за такое же нарушение, влечет наложение штрафа в размере от 30 до 50 базовых величин, а на юридическое лицо – от 100 до 400 базовых величин в соответствии со [ст. 3.23 Процессуально-исполнительного кодекса Республики Беларусь](#).

В соответствии со ст. 3.23 Процессуально-исполнительного кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях от имени органов Департамента государственной инспекции Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь дела об административных правонарушениях вправе рассматривать директор этого департамента и его заместители, начальники управлений и их заместители, начальники межрайонных инспекций труда и их заместители, начальники отделов и государственные инспекторы труда.

Работник может быть привлечен к *материальной ответственности*, если по его вине предприятие (учреждение) понесло материальный ущерб (ст. 400 ТК). При определении размера ущерба учитывается только прямой действительный ущерб, неполученные доходы не учитываются. Работник, причинивший ущерб, может добровольно возместить его полностью или частично. С согласия нанимателя он имеет право передавать для возмещения ущерба равноценное имущество или исправить поврежденное.

При совместном выполнении рабочими и служащими отдельных видов работ администрацией по согласию с профкомом может быть введена коллективная (бригадная) материальная ответственность.

Взыскание денежных сумм с виновных в размере, не превышающем среднего месячного заработка, производится администрацией на основании приказа нанимателя. Срок взыскания – не позднее двух недель со дня обнаружения причиненного ущерба при наличии акта и письменного согласия работающих.

Кроме материальной ответственности виновных должностных лиц предусмотрена ответственность предприятия (учреждения, организации). При отсутствии согласия администрация обращается в суд.

Материальная ответственность – возмещение ущерба, поэтому не исключена возможность одновременного привлечения к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности (ст. 408 ТК).

Законодательство РБ предусматривает за нарушение трудового законодательства, требований техники безопасности и производственной санитарии повышенную ответственность работников, вплоть до привлечения их к *уголовной ответственности*. К уголовной ответственности привлекаются лица, допустившие злостные нарушения, при условии, что такие нарушения повлекли за собой либо могли повлечь несчастные случаи, профзаболевания или другие тяжелые последствия.

Руководители работ привлекаются к уголовной ответственности, если непосредственно руководили работами, при которых произошел несчастный случай, а именно:

- допустили к производству работ некомпетентных лиц, что привело к несчастному случаю;
- не создали необходимых условий для выполнения обязанностей по обеспечению безопасных и здоровых условий труда;
- не приняли необходимых мер к устранению нарушений правил охраны труда;
- не приняли мер к выполнению соглашений по охране труда, коллективных договоров, а также предписаний государственных и профсоюзных инспекций, что привело или могло привести к несчастным случаям или иным тяжелым последствиям.

Степень уголовной ответственности за нарушение правил охраны труда при производстве работ, эксплуатации машин и механизмов определяется УК, который предусматривает уголовную ответственность, в зависимости от тяжести поступка, до 7 лет лишения свободы.

10.5 Виды инструктажей по охране труда

По характеру и времени проведения инструктаж подразделяется:

- на вводный;
- первичный на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж проводится:

- при приеме на постоянную или временную работу в организацию;
- при участии в производственном процессе, привлечении к работам в организации или на ее территории, выполнении работ по заданию организации (по заключенному с организацией договору).

Вводный инструктаж проводится также с работниками других организаций, в том числе командированными, при участии их в производственном процессе или выполнении работ на территории организации.

Вводный инструктаж проводится по утвержденной руководителем организации программе, которая разрабатывается с учетом специфики деятельности организации на основании Примерного перечня вопросов программы вводного инструктажа.

Вводный инструктаж проводит инженер по охране труда или специалист организации, на которого возложены эти обязанности.

При наличии в организации пожарной, газоспасательной и медицинской служб вводный инструктаж по соответствующим разделам программы вводного инструктажа может быть дополнен инструктажем, проводимым работниками указанных служб.

Регистрация вводного инструктажа осуществляется в журнале регистрации инструктажа по охране труда.

Первичный инструктаж на рабочем месте до начала работы проводится с лицами:

- принятыми на работу;
- переведенными из одного подразделения в другое или с одного объекта на другой;
- участвующими в производственном процессе, привлеченными к работам в организации или выполняющими работы по заданию организации (по заключенному с организацией договору).

Первичный инструктаж на рабочем месте проводится также с работниками другой организации, в том числе командированными, при участии их в производственном процессе или выполнении работ на территории организации. С работниками других организаций, выполняющих работы на территории организации, данный инструктаж проводит руководитель работ при участии руководителя или специалиста организации, на территории которой проводятся работы.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводится индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда. Первичный инструктаж допускается проводить с группой лиц, обслуживающих однотипное оборудование и в пределах общего рабочего места.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводится по утвержденной руководителем программе, составленной с учетом особенностей (выполняемых работ) и требований нормативных правовых актов по охране труда, или по инструкциям по охране труда для профессий и видов работ.

В журнале регистрации инструктажа по охране труда или личной карточке прохождения обучения указываются наименования программ труда или номера инструкций по охране труда, по которым проведен инструктаж.

Повторный инструктаж проводится не реже одного раза в шесть месяцев по программе первичного инструктажа на рабочем месте или по инструкциям по охране труда для профессий и видов работ.

Первичный инструктаж на рабочем месте и повторный инструктаж могут не проводиться с лицами, которые не заняты на работах по монтажу, эксплуатации,

наладке, обслуживанию и ремонту оборудования, использованию инструмента, хранению и применению сырья и материалов (за исключением работ с повышенной опасностью).

Перечень профессий и должностей работников, освобождаемых от повторного инструктажа и первичного на рабочем месте, составляется службой охраны труда с участием профсоюза и утверждается руководителем организации.

Внеплановый инструктаж проводится:

- при принятии новых нормативных актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов по охране труда или внесении изменений и дополнений к ним;
- при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приборов, инструмента, сырья, материалов и возникновении других факторов, влияющих на безопасность труда;
- при нарушении лицами нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов по охране труда, которое привело или могло привести к аварии, несчастному случаю на производстве и другим тяжелым последствиям;
- при перерывах в работе по профессии (в должности) более 6 месяцев;
- при поступлении информации об авариях и несчастных случаях, происшедших в однопрофильных организациях.

Внеплановый инструктаж проводится также по требованию представителей государственного органа надзора и контроля, вышестоящих государственных органов или государственных организаций; должностного лица организации, на которого возложены обязанности по обеспечению охраны труда, при нарушении нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов по охране труда.

Внеплановый инструктаж проводится индивидуально или с группой лиц, работающих по одной профессии (должности). Объем и содержание инструктажа определяются в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят:

- при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, разгрузка, уборка территории и др.);
- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- при производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск;
- при проведении экскурсий в организации;
- при организации массовых мероприятий с учащимися (походы, спортивные соревнования и др.).

Первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи проводит непосредственный руководитель работ (начальник производства, цеха, участка, мастер, инструктор и другие должностные лица).

Инструктаж завершается проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных методов и приемов работы лицом, проводившим инструктаж.

Проведение вводного, первичного, повторного, внепланового, целевого инструктажа подтверждается подписями лиц, проводивших и прошедших инструктаж (стажировку), в журнале регистрации инструктажа по охране труда или в личной карточке проведения обучения (в случае ее применения). Срок хранения журналов – 10 лет.

Допускается регистрация целевого инструктажа в отдельном журнале.

В случае проведения целевого инструктажа с лицами, выполняющими работу по наряду-допуску, отметка о его проведении производится в наряде-допуске.

При регистрации внепланового инструктажа указывается причина его проведения.

10.6 Основные причины несчастных случаев на производстве

Важную роль в профилактике травматизма играют пропаганда вопросов охраны труда, внедрение новых, передовых методов организации безопасной работы на каждом производственном участке. Необходимо поддерживать рабочие места, производственную и технологическую дисциплину на таком уровне, который полностью исключает несчастные случаи и заболевания на производстве. Профилактика также предполагает переход от решения отдельных, случайных задач к комплексу взаимосвязанных нормативных, организационных, технических, санитарно-гигиенических и экономических задач. Все мероприятия по улучшению условий труда, снижению производственного травматизма, заболеваний могут быть подразделены на законодательные, организационные, технические, медико-профилактические и экономические. Однако эта классификация в некоторой степени условна, так как отдельные мероприятия могут быть одновременно отнесены к разным группам.

Законодательные мероприятия определяют права и обязанности работающих в области охраны труда, режим их труда и отдыха, охрану труда женщин и молодежи, санитарные нормы на предельное содержание в рабочей зоне вредных веществ, возмещение ущерба пострадавшим при увечье или ином повреждении здоровья, их пенсионное обеспечение, льготы за работу во вредных условиях труда и др.

Организационные мероприятия предусматривают внедрение системы управления охраной труда, своевременное обучение работающих, обеспечение инструкциями по охране труда, создание кабинетов по охране труда, организацию всех видов контроля за соблюдением требований охраны труда, аттестацию и паспортизацию условий труда рабочих мест, зданий, сооружений и т. д.

Технические мероприятия предполагают:

– разработку и внедрение комплексной механизации и автоматизации тяжелых, вредных и монотонных работ, создание безопасной техники и технологии; установку предохранительных, сигнализирующих, блокировочных устройств;

– технические решения по нормализации воздушной среды, производственного освещения, предупреждению образования и удалению из рабочей зоны вредных веществ, снижению шума, вибраций, защите от вредных излучений;

– создание изолированных кабин для операторов, работающих во вредных условиях, или дистанционного управления; разработку и изготовление коллективных и индивидуальных средств защиты и др.

Медико-профилактические мероприятия включают:

– организацию предварительных и периодических медицинских осмотров работников;

– обеспечение лечебно-профилактическим питанием;

– проведение производственной гимнастики; ультрафиолетового и бактерицидного облучения, применение хвойных, соляно-хвойных и других ванн, массажа и т. п.

Экономические мероприятия предусматривают материальное стимулирование работ по предупреждению травматизма и улучшению условий труда, более рациональное распределение средств, выделяемых на охрану труда, наложение штрафов на административных работников за нарушение законодательства о труде, возмещение виновными материального ущерба, причиненного предприятию несчастными случаями, и др.

В современных условиях основные мероприятия по предупреждению производственного травматизма связаны с предотвращением трех основных типов причин травматизма: технических, организационных и личностных.

Технические причины несчастных случаев на производстве устраняются путем совершенствования технологических процессов, заменой оборудования, имеющего конструктивные недостатки и большую изношенность, постоянным мониторингом (диагностикой) технического состояния оборудования, зданий и сооружений, инструмента и средств коллективной и индивидуальной защиты.

Эффективными и чисто техническими мерами предупреждения травматизма являются инженерные меры защиты людей от источников вредного воздействия посредством изоляции опасных элементов, а также установки барьеров между работниками и потенциальными источниками травмы. К ним относятся (но ими не исчерпываются) автоматизация, дистанционное управление, применение вспомогательного оборудования и автоматической защиты.

Большую роль играет и нормализация условий труда: качественная атмосфера, хорошее освещение, отсутствие шума и вибраций, благоприятный микроклимат и пр.

Организационные причины несчастных случаев на производстве устраняют введением системы управления охраной труда. Организационные меры безопасности помимо прочего включают в себя защиту работников от источников опасного и (или) вредного воздействия за счет обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и рациональной временной организации рабочего процесса.

Большую роль в совершенствовании работы по охране труда играет управление качеством продукции, при котором неизбежно устраняются недостатки в организации рабочих мест и нарушения технологического регламента, правил и норм транспортировки, складирования и хранения материалов и изделий, планово-предупредительного ремонта оборудования, транспортных средств и инструмента.

Личностные (психофизиологические) причины несчастных случаев на производстве можно устранить путем правильного подбора кадров, а также постоянным его обучением, инструктированием и воспитанием, стимулирующими безопасное поведение работников. Поскольку полностью устранить опасности посредством технических и организационных мероприятий не удастся, то безопасность работника зачастую определяются только его поведением.

Анализ несчастных случаев является одним из основных путей борьбы с травматизмом. Только после выявления истинных причин того или иного несчастного случая появляется возможность для поиска путей исключения или снижения травматизма.

Анализ травматизма и заболеваемости на производстве проводится, как правило, по актам расследования несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, листкам временной нетрудоспособности.

Наиболее распространенный на практике анализ травматизма и заболеваемости – это изучение причин возникновения опасных и вредных производственных факторов.

В настоящее время используют *два основных метода анализа несчастных случаев:*

- статистический;
- монографический (клинический).

Статистический метод анализа несчастных случаев базируется на анализе статистического материала, накопленного за несколько лет по предприятию или в отрасли. Он представляет собой совокупность приемов, основанных на целенаправленном сборе, накоплении и обработке информации о несчастных случаях с последующим расчетом статистических показателей. Для этого изучаются несчастные случаи по актам формы Н-1 и другим отчетам предприятий за определенный период времени. Данный метод позволяет определить динамику травматизма и его тяжесть на отдельных участках производства, в цехах, на предприятиях или в отраслях промышленности и выявить закономерности его роста или снижения.

Разновидностями статистического метода являются *групповой и топографический методы.*

При *групповом методе* травмы подбираются по отдельным однородным признакам: времени травмирования; возрасту; квалификации и специальности пострадавших; видам работ; причинам несчастных случаев и т. д. Это позволяет выявить недостатки оборудования, организации работ или условий труда.

При *топографическом методе* все несчастные случаи систематически наносятся условными знаками на план расположения оборудования в цехе, на участке. Скопление знаков на каком либо оборудовании или рабочем месте характеризует его повышенную травмоопасность и способствует принятию соответствующих профилактических мер.

Однако статистический (с его разновидностями) метод анализа травматизма не изучает производственные условия, при которых происходят несчастные случаи, и поэтому не отвечает на многие вопросы, необходимые для разработки действенных мер по профилактике травматизма. Важным дополнением

статистического метода является монографический (клинический) метод анализа травматизма.

Монографический (клинический) метод заключается в углубленном анализе объекта обследования в совокупности со всей производственной обстановкой. Изучению подвергаются технологические и трудовые процессы, оборудование, применяемые приспособления и инструменты, средства коллективной и индивидуальной защиты. Особое внимание уделяется оценке режимов труда и отдыха работающих, ритмичности работы предприятия (цеха). При этом выявляются скрытые опасные факторы, способные привести к несчастному случаю. Этот метод можно использовать для вновь проектируемых предприятий.

Кроме того, применяются и другие методы анализа производственного травматизма: экономический, эргономический, психологический; используется также способ моделирования [6].

Тема 11. Производственная санитария и гигиена труда

11.1 Задачи гигиены труда и производственная санитария

В процессе труда на человека кратковременно или длительно воздействуют разнообразные неблагоприятные факторы (например, пыль, шум, пары, газы, вредные красители и пр.), которые могут привести к заболеванию и потере трудоспособности.

Производственная санитария – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работников вредных производственных факторов.

Гигиена труда – область медицинской науки, которая освещает основные вопросы, связанные с влиянием на организм человека различных производственных факторов.

Задачи производственной санитарии:

- обеспечение здоровых условий труда;
- предупреждение профессиональных заболеваний.

Задачи гигиены труда:

- усовершенствование технологического процесса;
- устранение нездоровых условий;
- установление режима труда и отдыха.

11.2 Санитарно-гигиенические факторы условий труда

Любая производственная деятельность в большей или меньшей степени представляет опасность для здоровья работников.

В процессе труда работник вступает во взаимодействие с предметами и орудиями труда; на работника воздействуют условия производственной среды,

в которой протекает процесс труда (температура, влажность и подвижность воздуха, шум, вибрация, вредные вещества, излучения и т. д.)

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в производственном процессе в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности либо к смерти.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в производственном процессе в определенных условиях способно привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья либо к смерти.

Согласно ГОСТ 12.0.003 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» *опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на четыре группы:*

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

1. *Физические опасные и вредные производственные факторы* подразделяются следующим образом:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- разрушающиеся конструкции;
- обрушивающиеся горные породы;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды;
- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования (материалов);
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень инфразвуковых колебаний;
- повышенный уровень ультразвука;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- повышенная или пониженная ионизация воздуха;
- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенная напряженность электрического поля;
- повышенная напряженность магнитного поля;
- отсутствие или недостаток естественного света;

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенная яркость света;
- пониженная контрастность;
- прямая или отраженная блескостность;
- повышение пульсации светового потока;
- повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
- острые кромки, заусенцы и шероховатости заготовок, инструментов и оборудования;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно земли (пола);
- невесомость.

2. *Химические опасные и вредные производственные факторы* подразделяются:

- по характеру воздействия на организм человека:
 - а) на токсические;
 - б) раздражающие;
 - в) сенсибилизирующие;
 - г) канцерогенные;
 - д) мутагенные;
 - е) влияющие на репродуктивную функцию;
- по пути проникновения в организм человека:
 - а) через органы дыхания;
 - б) через желудочно-кишечный тракт;
 - в) через кожные покровы и слизистые оболочки.

3. *Биологические опасные и вредные производственные факторы* включают следующие биологические аспекты:

- патогенные микроорганизмы (вирусы, бактерии и т. п.) и продукты их жизнедеятельности;
- макроорганизмы (растения, животные).

4. *Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы* по характеру действия подразделяются следующим образом:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются:

- на статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются:

- на умственное напряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные.

Следует учитывать, что один и тот же опасный или вредный производственный фактор по природе своего действия может одновременно относиться к различным группам факторов.

11.3 Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека

До недавнего времени объектом внимания экологов была проблема загрязнения наружного воздуха и его влияние на здоровье человека. Однако исследования, проведенные во многих странах мира, показали, что внутренний воздух помещений может быть в десятки раз более загрязнен, чем наружный. Даже невысокие уровни загрязнения воздуха в помещениях представляют собой определенную опасность, поскольку люди подвергаются его воздействию в течение длительного времени. В среднем городской житель находится в помещениях до 80 % суточного времени. По разным оценкам воздух в комнатах в 4–6 раз грязнее наружного и в 8–10 раз токсичнее. Основными компонентами загрязнения воздуха в помещениях являются химические и биологические элементы. По мнению врачей-аллергологов, 50 % болезней человека либо вызваны, либо усугублены загрязнением воздуха в жилищах. К загрязнениям воздуха особенно восприимчивы дети, подростки, беременные женщины, пожилые люди, а также люди, страдающие заболеваниями дыхательной системы.

В воздухе офисных помещений определяется более 100 химических соединений, в том числе опасных для здоровья аэрозолей свинца, ртути, меди, цинка, фенола, формальдегида, в концентрациях, зачастую больших предельно допустимых пределов в несколько раз. Вместе с биологическими число этих загрязнений достигает 1000. Эти загрязнения могут вызвать заболевания различных уровней тяжести, начиная от простого недомогания и головной боли и заканчивая тяжелой аллергией, астмой и онкологией. Эксперты Всемирной организации здравоохранения признали загрязнение воздуха в помещении главным фактором риска для здоровья людей и основной причиной катастрофического роста сердечно-сосудистых и легочных заболеваний.

Более половины вредных примесей попадают в помещение с уличной пылью. При этом существенную часть их составляет резиновая пыль от стирающихся об асфальт автомобильных шин. Средний житель большого города вдыхает около 500 млрд пылевых частиц ежедневно. Не удивительно, что порядка 80 % своих ресурсов иммунная система горожанина расходует на нейтрализацию воздействия неблагоприятной окружающей среды. Следует заметить, что уличная пыль, как правило, не поднимается выше четвертого этажа здания, а на уровне седьмого этажа ее количество минимально.

Без учета влаги в атмосферном воздухе содержатся 21 % кислорода, 78 % азота, около 1 % аргона, 0,03 % углекислого газа (диоксида углерода, углекислоты) и в меньших количествах – гелий, неон, криптон, водород, ксенон, озон, оксид азота, йод, метан, водяной пар и т. д. Качество воздуха и микроклимат жилых помещений определяются процентным содержанием кислорода и углекислого газа, загрязненностью, наличием запахов, ионным составом. Имеет значение также и степень подвижности воздуха в помещениях, рекомендуемые значения которой составляют: в холодный период – 0,07–0,1 м/с, в теплый – 0,2 м/с. Наружный воздух, в отличие от внутреннего, обычно содержит больше кислорода и меньше

углекислого газа, хотя по остальным параметрам он из-за региональной загрязненности может быть и хуже внутреннего.

Свежий воздух в сельской местности содержит от одной до двух тысяч ионов на кубический сантиметр, в соотношении четырех к пяти отрицательных и положительных. Это естественное соотношение благоприятно сказывается на самочувствии.

Во внутреннем воздухе обычно на порядок меньше отрицательных ионов, что приводит к неприятным ощущениям, депрессии, физическим недомоганиям. Несмотря на регулярный воздухообмен в жилых помещениях, в современных зданиях имеется множество обстоятельств, ухудшающих качество воздуха. Основными среди них являются строительные и отделочные материалы, предметы интерьера, вредные выделения оргтехники, пыление и испарение хранящихся в доме материалов и химических веществ, выделения при приготовлении пищи и других бытовых работах, выделение загрязнений людьми и другими живыми обитателями и т. д. Рациональным выбором отделочных материалов, мебели, технологий уборки и вообще ведением хозяйства можно заметно снизить скорость деградации качества воздуха, тем самым снизив необходимый объем вентиляции. Поддержание на хорошем уровне качества воздуха в зданиях требует соблюдения множества взаимосвязанных конструктивных и эксплуатационных правил.

Обычно считается, что для того, чтобы химические вещества не были опасными, их доза не должна превышать устанавливаемую гигиенистами предельно допустимую концентрацию. Следует иметь в виду, что даже небольшое загрязнение воздуха может вызвать серьезные последствия, если время воздействия его достаточно велико. В течение этого времени происходит отрицательное воздействие загрязняющего вещества на здоровье человека, приводящее к заболеванию. Так, например, мало кто может предположить, что учащение приступов головной боли у человека вызвано переездом в другой дом или установкой в квартире новой мебели.

Самый простой и традиционный способ освежения воздуха – проветривание помещений. При этом нужно учитывать, что воздух за окном тоже может быть загрязненным. Поэтому желательно проветривать помещения ранним утром, когда уличное движение минимально и вечерняя пыль осела, а также после дождя, еще лучше – после грозы.

Источники загрязнения помещений. Источниками загрязнения воздуха в помещении являются:

- химические вещества, попавшие в помещение извне;
- само здание и его обстановка;
- ядовитые испарения и частицы от моющих и чистящих средств, которые используются в быту. Причем их концентрация в 1000 раз выше, чем в открытом воздухе;
- бактерии, вирусы, споры грибов и плесени;
- пыль;
- табачный дым;
- оргтехника;
- электробытовые приборы.

В помещениях с плохой вентиляцией наблюдается повышенное содержание углекислого газа, аммиака, выделяющихся при дыхании людей. Кроме того, может иметь место неприятный запах, выделяющийся при наличии полимерных материалов. Эти обстоятельства вызывают состояние дискомфорта, сердечно-сосудистые заболевания, приступы бронхиальной астмы. Некоторые обои не пропускают воздух и влагу и при нагревании воздуха в помещении (в разгар отопительного сезона, например) выделяют в воздух вредные вещества, вдыхание которых негативно сказывается на состоянии здоровья.

Положение усугубляется в офисах, поскольку современные офисы, как правило, перегружены дешевой мебелью. Концентрация загрязняющих веществ в таких помещениях зачастую превышает все допустимые пределы. Симптомами отравления фенолом могут являться слабость, утомляемость, потливость, головокружение, расстройство пищеварения, одышка, сердцебиение, нарушение работы нервной системы. Чем более дешевые материалы использовались при отделке офиса, тем более высока вероятность нанести вред здоровью, находясь в нем длительное время.

Весомый вклад в загрязнение вносят химические вещества, случайно попавшие в помещение, в том числе оставшиеся на одежде после химчистки (главным образом, перхлорэтилен), углеводороды от автомобильных выхлопов, осевшие на одежде, всевозможные моющие и чистящие средства, вся так называемая «бытовая химия». Источниками аллергенной органической пыли являются насекомые, домашние животные, плесень, грибки, бактерии. Некоторые строительные и отделочные вещества, имея достаточно низкий уровень выделения вредных веществ при обычной температуре, резко его увеличивают при повышении температуры. Даже при локальном нагреве поверхностей (от лампы, трансформатора, калорифера) в атмосферу помещения могут выделяться небезопасные для человека вещества. При пожарах некоторые синтетические вещества, например пенополистирольный утеплитель, начинают выделять столь вредные вещества, что они становятся главной причиной гибели людей.

В воздухе помещений находится огромное число *микроорганизмов*, большая часть которых задерживается в легких человека, что может привести к различным заболеваниям. Находящиеся в воздухе микроскопические живые организмы (например, вирусы, споры грибов, бактерии) обнаруживаются во всех помещениях. Эти организмы присутствуют в воздухе в виде мелких частиц. Известно огромное количество различных видов плесени и бактерий. Рассмотрим некоторые из них.

Легионелла (бактерия) – интенсивно размножается на синтетических и резиновых поверхностях водопроводного, промышленного, медицинского оборудования, где они очень устойчивы к действию дезинфицирующих веществ. Наиболее благоприятной средой обитания легионеллы являются системы кондиционирования и вентиляции. *Легионеллез* – острая инфекционная болезнь, вызываемая легионеллами, характеризуется лихорадкой, выраженной общей интоксикацией, поражением легких, центральной нервной системы, органов пищеварения. Возможен летальный исход. Чаще заболевают лица среднего и пожилого возраста;

заболеванию способствуют курение, употребление алкоголя, сахарный диабет, применение иммунодепрессантов (средств, угнетающих иммунную реакцию).

Плесень – распространяется по воздуху в виде микроскопических спор. Плесневые грибы активно размножаются при комнатной температуре в условиях повышенной влажности и неэффективной вентиляции на многих материалах и покрытиях, используемых внутри помещений, включая бетон, штукатурку, дерево, пластик, резину, окрашенные поверхности и т. д.

Неблагоприятное воздействие плесени на организм человека проявляется в головокружении, головных болях, трудно диагностируемых и поддающихся лечению аллергических заболеваниях кожи и дыхательных путей. Следует отметить, что подвержены опасности заболевания прежде всего дети, пожилые люди и люди с ослабленным иммунитетом.

Аспергилл – род плесневых грибов. Существует около 160 видов аспергилл. Многие аспергиллы образуют плесени (зеленые, черные) на пищевых продуктах, вызывают разрушение промышленных изделий (ткани, кожи, пластмассы), ускоряют коррозию металлов. *Аспергиллез* – заболевание, вызываемое грибами рода *Aspergillus*. К заболеванию ведет вдыхание большого количества спор аспергилл.

Для аллергического бронхиального аспергиллеза характерны лихорадка, сильный кашель; течение может быть длительным с повторными обострениями и развитием тяжелой бронхиальной астмы.

Пыль, которая проникает с улицы, а также та, которая ранее накопилась в помещении, содержит много разнообразных вредных веществ, вызывающих, главным образом, заболевания дыхательных путей.

Табачный дым содержит 3600 химических веществ, в состав которых входят тяжелые металлы, смолы, приводящие к раковым заболеваниям.

Работа оргтехники, электроприборов приводит к понижению в воздухе помещения концентрации полезных отрицательно заряженных ионов кислорода (аэроионов) и повышенному содержанию вредных (положительных) ионов.

11.4 Нормирование и гигиеническая оценка загрязнения воздушной среды

Гигиеническая оценка степени загрязнения воздушной среды вредными веществами производится сопоставлением фактической их концентрации ($C_{\text{факт}}$) в рабочей воздушной зоне (или в зоне дыхания) с предельно допустимой концентрацией (ПДК_{РЗ}), установленной нормативной документацией.

Для санитарно-гигиенической оценки воздушной среды используется несколько видов предельно допустимых концентраций вредных веществ, которые установлены на основе рефлекторных реакций организма человека на присутствие в воздухе вредных веществ.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{РЗ}, мг/м³) не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 ч за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли бы быть обнаружены

современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки.

Другой вид ПДК_{МР} – это максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, мг/м³, которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

Третий вид ПДК_{СС}, среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенного долгого круглосуточного вдыхания.

Для обеспечения охраны воздушной среды установлена еще одна нормативная величина, характеризующая объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, – предельно допустимый выброс (ПДВ). Эта величина определяется как количество загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которой ведет к превышению ПДК в среде, окружающей источник загрязнения, и, как следствие, к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и к риску для здоровья людей.

При многокомпонентном загрязнении воздушной среды ее санитарно-гигиеническая оценка производится с учетом особенностей (типов) комбинированного (сочетанного) действия веществ на организм человека. Установлены три наиболее выраженных типа такого действия: синергизм, когда одно вещество усиливает действие другого (например, марганец усиливает токсичность кобальта); антагонизм, когда одно вещество ослабляет действие другого (например, тот же марганец ослабляет токсичность свинца); суммация, когда действия веществ суммируются (например, совместное присутствие минеральных кислот – серной, соляной, азотной; оксид азота, формальдегид и др.).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, C_3 и т. д.) в воздухе помещений к их ПДК_{РЗ} (ПДК_{РЗ 1}, ПДК_{РЗ 2}, ПДК_{РЗ 3} и т. д.) не должна превышать единицы.}}}

Если же вредные вещества, содержащиеся в воздухе, не обладают однонаправленным действием, то их ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

Контроль за содержанием вредных веществ, относящихся к I классу опасности должен осуществляться непрерывно с помощью самопишущих автоматических приборов, выдающих сигнал превышения ПДК. Концентрацию вредных веществ II, III и IV классов опасности допускается определять периодически.

11.5 Классификация вредных и опасных веществ и их воздействие на здоровье работника

В окружении человека находятся тысячи различных химических соединений, способных негативно воздействовать на его здоровье и работоспособность.

На любом производстве имеют дело с большим количеством разнообразных химических веществ, являющихся в той или иной мере вредными веществами.

Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в последующие сроки жизни настоящего и будущего поколений.

В воздухе вредное вещество может присутствовать в виде газа, пара, аэрозоля.

Условно по физиологическому воздействию на человека токсические вещества могут быть разделены на четыре группы:

- раздражающие;
- удушающие;
- соматические яды;
- вещества, вызывающее наркотическое действие.

Все вредные вещества по характеру воздействия на человека можно разделить на две группы:

– *токсические* – как правило, вступают во взаимодействие с организмом человека, вызывая различные заболевания;

– *нетоксические* – в большинстве своем оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей, глаз, кожу работающих.

Классификация вредных веществ по их свойствам и по биологическому эффекту важна как для понимания их механизма действия на организм, так и для разработки методов профилактики и лечения вызываемых ими поражений. С этих позиций наиболее целесообразна классификация вредных веществ по их характеру действия на организм:

1) *удушающие*:

а) простые удушающие, действие которых состоит в вытеснении кислорода из вдыхаемого воздуха (азот, водород, гелий);

б) химически действующие, нарушающие газообмен в крови и тканях, хотя кислород доставляется во вдыхаемом воздухе в достаточном количестве (окись углерода, синильная кислота);

2) *раздражающие* – вызывают раздражение оболочек слизистых дыхательных путей или непосредственно легких, ведущее к развитию воспалительных реакций;

3) *летучие наркотики* и родственные им вещества, действующие после поступления их в кровь. Острое действие в большинстве своем оказывают на нервную систему, вызывая наркоз. Основываясь на особенностях физико-химических свойств и биологического действия, их делят на 5 групп:

а) наркотические вещества, не обладающие ярко выраженным последствием (закись азота, углеводороды жирного ряда, эфиры);

б) вещества, оказывающие вредное действие, главным образом, на внутренние органы (галогенопроизводные углеводородов жирного ряда);

в) вещества, обладающие действием, главным образом, на кроветворную систему (ароматические углеводороды);

г) вещества, обладающие действием преимущественно на нервную систему (алкоголи, сернистые соединения жирного ряда);

д) неорганические и металлоорганические соединения. В эту группу отнесены вещества, не вошедшие в предыдущие группы и обладающие разными типами действия (ртуть, свинец, фосфор, металлоорганические соединения, мышьяковистый и фосфористый водород и др.)

Все вещества также делятся на *реагирующие* и *нереагирующие*. *Реагирующие вещества* вступают в биохимические реакции и подвергаются превращениям в организме. Токсическое действие может быть обусловлено как самими соединениями, так и продуктами их превращения. Примером может служить бензол. Поражение кроветворной системы при действии последнего обусловлено продуктами его превращения (фенол, пироксатин, гидрохинон).

Нереагирующие вещества не претерпевают заметных изменений в организме. Они оказывают действие, не вступая в биохимические реакции, выводятся из организма в основном в той же форме, в какой были абсорбированы. Углеводороды жирного ряда – наиболее типичные представители этого класса веществ.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса:

– вещества *чрезвычайно опасные* (ртуть, свинец и его соединения, тетраэтилсвинец, озон и др.);

– вещества *высокоопасные* (оксиды азота, марганец, медь, серная и соляная кислоты, сероводород, сероуглерод, формальдегид, хлор, растворы едких щелочей и др.);

– вещества *умеренно опасные* (ксилол, спирт метиловый, толуол, фенол, сернистый ангидрид и др.);

– вещества *малоопасные* (аммиак, ацетон, бензин, керосин, нафталин, спирт этиловый, оксид углерода и др.).

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от показателей, представленных в таблице 11.5.1, из которых наибольшее практическое значение для характеристики токсичности веществ представляют их предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны.

Таблица 11.5.1. – Показатели токсичности вредных веществ

Показатель	Норма для класса опасности			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15 – 150	151 – 5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100 – 500	501 – 2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500 – 5000	5001 – 50000	Более 50 000

Окончание таблицы 11.5.1

1	2	3	4	5
Порог острого действия, мг/м ³	Менее 10	10 – 100	101 – 1000	Более 1000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления	Более 300	300 – 30	29 – 3,0	Менее 3,0
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0 – 18,0	18,1 – 54,0	Более 54
Порог хронического действия	Менее и равно 1	1,1 – 10,0	10,1 – 100	Более 100
Зона хронического действия	Более 10	10,0 – 5,0	4,9 – 2,5	Менее 2,5
Зона биологического действия	50 000	50 000 – 5001	5000 – 501	Менее 500

Каждое конкретное вредное вещество относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (таблица 11.5.2).

Таблица 11.5.2. – Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	Более 10,0

ПДК вредных веществ в воздухе рабочих помещений устанавливается на основании специальных исследований и результатов профессиональных осмотров рабочих органами здравоохранения.

При любой форме отравления характер действия вредного вещества определяется степенью его физиологической активности – *токсичностью*.

Профилактика интоксикации и профессиональных заболеваний включает технические, санитарно-технические и профилактические мероприятия.

При поступлении в организм человека вредных веществ в количествах, превышающих установленные нормы, могут возникнуть острые и хронические отравления, а также профессиональные заболевания.

Острые отравления, как правило, происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений техники безопасности. Они характеризуются кратковременностью действия и относительно высокими концентрациями вредных веществ. Симптомы отравления проявляются либо сразу, либо через сравнительно небольшой (обычно несколько часов) скрытый (латентный) период.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном систематическом воздействии вредных веществ, проникающих в организм человека в относительно небольших количествах. Они могут развиваться вследствие накопления вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им изменений (функциональная кумуляция).

Пути проникновения промышленных ядов в организм человека:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;

- кожа;
- слизистые оболочки глаз.

Через дыхательные пути ядовитые вещества поступают в организм человека при вдыхании аэрозолей, газов и паров. Это наиболее опасный путь проникновения ядов. Через слизистые оболочки дыхательной системы яды всасываются в кровь и разносятся ее токами по всему организму. Легочные альвеолы имеют очень большую поверхность (около 120 м²), что способствует интенсивному всасыванию вредных веществ.

Через желудочно-кишечный тракт яды попадают в организм при заглатывании со слюной из носоглотки, а также с пищей и питьевой водой при нарушении правил личной гигиены. Под воздействием кислой среды желудочного сока токсичность многих химических веществ может возрасти. Например, плохо растворимые в воде соединения свинца легко растворяются в желудочном соке, что способствует их всасыванию и поступлению в кровь. Всасывание ядов в организм происходит также в кишечнике.

Через кожный покров проникают главным образом такие вещества, которые хорошо растворяются в жирах и воде, например, соли некоторых металлов (ртути, свинца и др.). Наиболее легко проникают через кожу так называемые растворители (дихлорэтан, бензол, толуолы, ксилолы). Повреждения кожи способствуют усилению проникновения ядов в организм.

Выведение вредных веществ из организма происходит через легкие, почки, желудочно-кишечный тракт и кожу.

Токсический эффект вредных веществ неодинаков в отношении пола. К некоторым ядам более чувствителен женский организм, к другим – мужской. Например, женский организм более чувствителен к действию бензола. Причем во время беременности опасность отравления повышается, его течение приобретает более тяжелые формы. В связи с этим для установления половой чувствительности при определении параметров острого действия у сред несмертельных концентраций и доз используют оба пола животных. Последующие эксперименты проводят на наиболее чувствительном поле животных.

Неоднозначно действие ядов на организм в зависимости от возраста: одни яды оказывают большой токсический эффект на организм молодых, другие – на пожилых, третьи воздействуют на организм независимо от возраста.

Токсический эффект вредных веществ зависит также от индивидуальной чувствительности организма, которая определяется в основном состоянием здоровья работающих. Лица с заболеваниями крови более чувствительны к действию кроветворных ядов, с нарушениями со стороны нервной системы – к действию нейротропных ядов, с заболеваниями легких – к действию пыли и раздражающих веществ.

Характер и тяжесть выполняемой работы влияют также на чувствительность организма к ядам. При тяжелой физической работе усиливаются процессы дыхания и кровообращения, что способствует поступлению ядовитых веществ в организм.

Воздействие токсических веществ на организм зависит от метеорологических условий и других производственных факторов. Высокая и низкая температура, повышенная, а иногда пониженная влажность воздуха, изменение

барометрического давления, шум и вибрация, различные излучения в большинстве случаев увеличивают опасность отравления ядовитыми веществами. Объясняется это изменением функционального состояния организма, а также в ряде случаев – токсических свойств вредных веществ.

Некоторые ядовитые вещества могут оказывать вредное влияние на организм человека не в период их воздействия, а по прошествии многих лет и даже десятилетий (*отдаленные последствия*). Проявление этих влияний может обнаруживаться и в последующих поколениях и отражаться на потомстве. Такими отрицательными эффектами являются гонадотропное, эмбриотоксическое, канцерогенное, мутагенное действия, а также ускорение старения сердечно-сосудистой системы.

Токсичные свойства определяются большим числом факторов, из которых основными являются *физико-химические свойства, внешние условия, концентрация, продолжительность действия на человека, растворимость, летучесть, агрегатное состояние*.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) являются обязательным элементом большинства технологических процессов обработки материалов резанием и давлением.

На промышленных предприятиях при обработке металлических изделий применяются СОЖ для снижения температуры обрабатываемых поверхностей, повышения стойкости режущих инструментов. Обработка некоторых материалов без их применения практически невозможна. Область применения СОЖ и *технологических смазок (ТС)* в машиностроении и в других отраслях промышленного производства в последнее время значительно расширилась.

При обработке металлов с применением СОЖ имеет место воздействие на организм работающих масляных аэрозолей, продуктов термоокислительной деструкции СОЖ и ТС, металлической пыли. В зависимости от особенностей технологических операций, состава СОЖ и ТС последние могут воздействовать на организм работающих как в результате непосредственного контакта с ними (через кожу), так и в результате поступления паров и пыли в организм через дыхательную систему.

Появление в рабочей зоне пыли и стружки оказывает на организм человека фиброгенное действие, то есть влияние на слизистую оболочку глаз, на органы дыхательных путей. СОЖ оказывает токсическое влияние на человека, вследствие чего опасности подвергаются дыхательные и зрительные органы, кожные покровы.

Так, при работе с масляными СОЖ на повышенных режимах резания, при обработке труднообрабатываемых материалов и при интенсивном разбрызгивании жидкости наблюдается дымление СОЖ, образование масляного тумана. В результате поступление в дыхательные пути масляного аэрозоля и летучих продуктов термодеструкции СОЖ (окиси углерода, хлористого водорода, углеводородов, сернистого ангидрида, альдегидов) может в 2–13 раз превысить норму. Длительная работа в таких условиях приводит к раздражению слизистых оболочек верхних дыхательных путей и даже развитию липоидной пневмонии, снижению общей иммуно-биологической реактивности организма, изменению нервной системы. ПДК масляного аэрозоля СОЖ в воздухе рабочей зоны составляет 5 мг/м³.

При попадании на кожные покровы жидкости оказывают обезжиривающее действие и способствуют закупорке пор кожи, что может привести к возникновению кожных заболеваний – дерматитов, экземы, фолликулитов, масляных угрей. Некоторые масла могут вызывать кератодермии, бородавчатые разрастания, папилломы, рак кожи. Масляный туман проникает через верхние дыхательные пути в легкие, что приводит к пневмосклерозу легких. Наряду с этим повышается риск развития хронического тонзиллита.

Однако их возникновение и развитие во многом определяются индивидуальной предрасположенностью работающих, наличием на коже микротравм (царапин, ссадин, раздражений кожи спецодеждой, пропитанной маслом).

Предприятие, применяющее СОЖ и ТС, должно разработать инструкцию, регламентирующую порядок эксплуатации технологических жидкостей применительно к конкретному производству. Также поступающая для использования партия СОЖ и ТС должна иметь технический паспорт, содержащий сведения об области применения, их составе, физико-химических свойствах и процентном содержании химических соединений в рабочих растворах.

При применении СОЖ на предприятиях должен проводиться контроль за воздухом рабочей зоны (аэрозоли масла, окись углерода, углеводороды предельные, непредельные, сернистый ангидрид, триэтанолламин, нитрит натрия, формальдегид), за температурным режимом.

В свою очередь оборудование, на котором применяются смазочно-охлаждающие жидкости и технологические смазки, должно иметь защитные устройства (кожухи, укрытия, экраны), предотвращающие разбрызгивание СОЖ и загрязнение рабочей зоны. Подача СОЖ должна быть дозированной и направленной, именно в зону обработки металла, с автоблокировкой подачи раствора при прекращении работы оборудования.

Все металлообрабатывающее оборудование, при работе на котором применяются СОЖ и ТС, в обязательном порядке оборудуется местными вытяжными устройствами. При этом вытяжные устройства должны включаться одновременно с пуском оборудования, а выключаться только после его остановки.

Непосредственно в условиях производства наибольшее гигиеническое значение имеет кожный путь поступления продуктов термоокислительной деструкции СОЖ и ТС в организм работающих. Грязная спецодежда является дополнительным источником загрязнения кожи. Работающие со смазочно-охлаждающими жидкостями и технологическими смазками должны быть обеспечены чистой спецодеждой, обувью, обтирочным материалом, средствами индивидуальной защиты – защитными мазями, пастами и моющими средствами в соответствии с характером применяемых технологических жидкостей.

Поступающие на работу, связанную с эксплуатацией СОЖ и ТС, подлежат предварительным, а работающие – периодическим медицинским осмотрам с обязательным участием дерматолога.

Способы защиты от действия вредных веществ. Наиболее рациональной мерой профилактики отравлений и профессиональных заболеваний является создание таких условий труда, при которых исключается или сводится к минимуму контакт работающих с вредными веществами. Это в первую очередь достигается:

– широким внедрением средств механизации и автоматизации производственных процессов;

– заменой вредных веществ на менее вредные или полностью безвредные.

Этой же цели служит *модернизация технологического оборудования*, его совершенствование (герметизация, капсуляция, частичное или полное укрытие с устройством вытяжки воздуха).

Большая роль в оздоровлении условий труда в цехах с вредными выделениями отводится *вентиляции*. Наиболее эффективна местная вытяжная вентиляция от мест образования вредностей. Местные отсосы от оборудования и аппаратуры должны выполняться конструктивно встроенными и заблокированными с оборудованием. Общеобменная вентиляция должна рассчитываться на разбавление до безопасного уровня вредностей, не удаленных местной вентиляцией. В случае наличия в помещении нескольких вредностей необходимый объем вентиляционного воздуха должен рассчитываться по каждой из них, а окончательно принимается наибольшее значение.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление больших количеств вредных веществ, должны устанавливаться газоанализаторы для контроля предельно допустимых концентраций вредных веществ. При содержании вредных веществ, приближающемся к предельно допустимой концентрации, должна автоматически включаться светозвуковая сигнализация, оповещающая о наличии опасных концентраций.

В помещениях с наличием аварийной вытяжной вентиляции газоанализаторы должны быть заблокированы со щитом аварийной вентиляции, которая должна автоматически включаться в работу при срабатывании датчиков газоанализаторов.

При работе с особо вредными веществами (например, со свинцом) необходимо устройство бытовых помещений типа санпропускников с обязательной очисткой спецодежды. Обязательно мытье в душе после работы, запрещение приема пищи и курения в производственных помещениях, отдельное хранение в индивидуальных шкафчиках личной одежды и спецодежды. Рекомендуется включение в рацион питания таких продуктов, которые повышают сопротивляемость организма воздействию вредных веществ.

Обязательно проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, сроки их устанавливаются в соответствии с характером работ и вредностью вещества.

Одним из мероприятий по оздоровлению условий труда является *дегазация помещений* путем промывки полов и стен 1 %-м раствором марганцовокислого калия с добавлением соляной кислоты в количестве 5 мг/л.

Все работающие с вредными веществами должны быть обучены правилам техники безопасности и знать начальные признаки действия вредных веществ, должны уметь оказывать первую само- и взаимопомощь. В атмосфере с высокой концентрацией вредных веществ запрещается работать в одиночку.

На работу, связанную с применением ряда особо токсичных веществ (например, бензола), женщины и лица моложе 18 лет не допускаются.

Применением комплекса технических мероприятий не всегда удается обеспечить нормальные санитарно-гигиенические условия труда в производствах.

В этих условиях возникает необходимость *использования средств индивидуальной защиты работающих.*

Для защиты тел работающих применяют *спецодежду различных типов*, изготовленную из разных материалов (теплозащитная, противопыльная, масло- и кислотостойкая, металлизированная и др.). Например, для защиты от кислот и щелочей используют одежду из резиновых или перхлорвиниловых пленочных материалов. Голову рабочего защищают каской, шлемом и др.

Разнообразны виды *спецобуви* в соответствии с условиями рабочей среды. Часто ее делают на нескользящей подошве, стойкую к воздействию загрязнений рабочей среды.

Для защиты рук применяют *перчатки и рукавицы*, прорезиненные или из кислотостойких материалов.

Лицо работающего от брызг агрессивных жидкостей защищают *щитком* из светопрозрачных материалов или *шлем-маской* от противогаса. Органы зрения защищают *очками*.

При работе в условиях загазованности воздушной среды применяются фильтрующие (снабженные большими и малогабаритными коробками) и изолирующие *противогазы*. Каждая коробка фильтрующего противогаза защищает от определенного вредного вещества. Коробки имеют соответствующие обозначения и окраску (в зависимости от вида сильнодействующих ядовитых веществ).

Фильтрующими противогазами можно пользоваться в том случае, когда содержание кислорода в воздухе составляет более 18 % об.

Время защитного действия противогаза зависит от ряда факторов:

- концентрации вредных веществ в воздухе;
- температуры и влажности воздуха;
- условий работы и др.

Отработанность коробки противогаза для различных видов веществ определяется:

- по отработанному времени (учет времени использования коробки);
- по привесу коробки (взвешивается после каждого применения);
- по появлению под маской запаха вещества, от которого производится защита.

При содержании вредных веществ выше ПДК или когда в воздушной среде недостаточно кислорода (менее 18 % об.) применяются шланговые противогазы, которые изолируют органы дыхания только от воздуха, находящегося в зоне рабочего места.

Шланговые противогазы делятся:

- на самовсасывающие (ПШ-1);
- с принудительной подачей (ПШ-2).

Самовсасывающие (ПШ-1) состоят из резиновой лицевой части и гофрированного шланга длиной до 10 м. Самовсасывающие противогазы используются для работ в загазованных местах, находящихся в относительной близости от зоны чистого воздуха.

При длительной работе в загазованных местах, находящихся на большом расстоянии от зоны чистого воздуха, применяются шланговые противогазы ПШ-2 с длиной шланга 20 м и принудительной подачей воздуха. В них воздух подается под лицевую часть воздуходувки с электрическим приводом.

При работе в наиболее загазованных зонах используются *автономные средства защиты органов дыхания*, которые полностью изолируют органы дыхания рабочего от окружающей среды. В зависимости от источника дыхательной смеси выпускаются изолирующие противогазы двух видов – с резервуаром под давлением и с химической регенерацией кислорода.

К работе в автономных средствах защиты допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и тренировку.

11.6 Микроклимат производственных помещений, средства нормализации

Производственная среда – это пространство, где осуществляется трудовая деятельность человека, которая может производиться как в производственных помещениях, так и вне их.

Производственные помещения – замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Метеорологические условия производственной среды – температура, относительная влажность и скорость движения воздуха определяют интенсивность теплообмена между организмом человека и окружающей средой и оказывают существенное влияние на функциональное состояние различных систем организма, самочувствие, работоспособность, производительность труда, здоровье.

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Показатели, характеризующие микроклимат производственных помещений:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Нормируют оптимальные и допустимые показатели микроклимата.

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением мышц терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Оптимальные и допустимые показатели воздуха в рабочей зоне производственных помещений (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха) должны соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 12.1.005 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования», а также СанПиН 9-80-98 (таблица 11.6.1).

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы.

Работоспособность – состояние человека, определяемое возможностью физиологических и психологических функций организма, которое характеризует его способность выполнять конкретное количество работы заданного качества за требуемый интервал времени.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

Рабочее место – место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50 % или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

Параметры микроклимата устанавливаются на два периода года:

- теплый;
- холодный.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше + 10 °С.

Холодный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной + 10 °С и ниже.

Категория работ – разграничение работ по тяжести на основе общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

Таблица 11.6.1. – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах, постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах, постоянных и непостоянных*
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Легкая – Ia	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая – Ib	21 – 23	24	25	20	17	40 – 60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести – IIa	18 – 20	23	24	17	15	40 – 60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести – IIб	17 – 19	21	23	15	13	40 – 60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая – III	16 – 18	19	20	13	12	40 – 60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая – Ia	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1 – 0,2
	Легкая – Ib	22 – 24	28	30	21	19	40 – 60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1 – 0,3
	Средней тяжести – IIa	21 – 23	27	29	18	17	40 – 60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2 – 0,4
	Средней тяжести – IIб	20 – 22	27	29	16	15	40 – 60	70 (при 25°С)	0,3	0,2 – 0,5
	Тяжелая – III	18 – 20	26	28	15	13	40 – 60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2 – 0,6

* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с – при легкой работе и ниже 0,2 м/с – при средней тяжести и тяжелой.

Различают:

- легкие физические работы (категория I);
- средней тяжести физические работы (категория II);
- тяжелые физические работы (категория III).

Легкие физические работы (категория I) – виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал/ч (174 Вт).

Различают легкие физические работы:

- категории Ia – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт);
- категории Ib – энергозатраты от 121 до 150 ккал/ч (140 – 174 Вт).

К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом и швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

К категории Ib относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

Средней тяжести физические работы (категория II) – виды деятельности с расходом энергии в пределах 151 – 250 ккал/ч (175 – 290 Вт).

Различают физические работы средней тяжести:

- категории IIa – энергозатраты 151 – 200 ккал/ч (175 – 232 Вт);
- категории IIб – энергозатраты 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт).

К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехов машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Тяжелые физические работы (категория III) – виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт).

К категории III относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опалубок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Характеристики производственных помещений по категориям выполняемых в них работ в зависимости от затрат энергии определяются в соответствии с ведомственными нормативными документами, согласованными в установленном порядке, исходя из категории работ, выполняемых 50 % работающих и более в соответствующем помещении.

Для обеспечения нормальных метеоусловий и поддержания теплового равновесия тела человека и окружающей среды проводится ряд мероприятий, основными из которых являются следующие:

- механизация и автоматизация тяжелых и трудоемких работ;
- дистанционное управление теплоизлучающими процессами и аппаратами;
- рациональное размещение и теплоизоляция оборудования, аппаратов, коммуникаций и других источников, излучающих на рабочем месте конвекционное и лучистое тепло;
- рациональные объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий;
- внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования;
- рационализация режимов труда и отдыха;
- использование средств индивидуальной защиты.

Теплоизлучающее оборудование необходимо располагать так, чтобы исключить совмещение потоков лучистой энергии на рабочих местах. Теплоизоляция должна осуществляться с таким расчетом, чтобы температура наружных стекол теплоизлучающего оборудования не превышала 45 °С [37].

11.7 Вентиляция и кондиционирование

Для поддержания параметров метеорологических условий в производственных помещениях предусматривают *вентиляцию и кондиционирование воздуха*.

Из всех видов вентиляционных систем наиболее экономичной является естественная вентиляция (аэрация). При аэрации движение воздушных масс осуществляется под действием теплового напора, обусловленного нагреванием воздуха в помещении, и разряжения, создаваемого за счет движения ветра. Однако с помощью аэрации не всегда можно поддерживать требуемые параметры производственной среды, т. к. ее эффективность в значительной мере зависит от состояния климатических условий местности: скорости и направления ветра, температуры воздуха. Поэтому чаще применяют искусственную общеобменную вентиляцию и кондиционирование воздуха.

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха с целью обеспечения, главным образом, оптимальных микроклиматических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, сохранения ценностей культуры. Таким образом, с помощью кондиционирования добиваются нагревания или охлаждения, увлажнения или сушки воздуха. В зависимости от расхода воздуха кондиционеры подразделяются на промышленные, полупромышленные, бытовые.

Различают *системы комфортного кондиционирования и системы технологического кондиционирования*. Технологическое кондиционирование предназначено для поддержания требуемых условий, задаваемых технологическими процессами.

При низком качестве кондиционеров и их обслуживании в рабочих секциях возможно накопление патогенных микроорганизмов.

Аэроионизация воздуха. Важным фактором, оказывающим воздействие на состояние здоровья работающих, является аэроионный состав воздуха. Техногенная аэроионизация обусловлена воздействием на воздушную среду радиоактивного, рентгеновского, ультрафиолетового излучений, термоэмиссии, фотоэффекта, наличия высоких уровней электрического напряжения в производственном оборудовании и других технологических процессов. Искусственную аэроионизацию осуществляют ионизаторами, которые могут обеспечить в ограниченном объеме заданную концентрацию ионов определенной полярности.

Уровень аэроионизации в помещениях определяется интенсивностью процессов ионизации и деионизации и перемещением аэроионов потоками воздуха по всему помещению. В биологическом отношении наиболее активны легкие аэроионы, при низком содержании которых отмечается ощущение духоты, головные боли, пониженное внимание, снижение других функциональных показателей организма.

Повышенный уровень аэроионизации оказывает токсическое действие на организм человека. В воздушной среде устанавливаются регламентированные показатели ионизации: максимально необходимый уровень; оптимальный уровень; максимально допустимый уровень; показатель полярности.

Для постоянных рабочих мест в общественных помещениях при наличии источников аэроионизации принимаются оптимальные значения, а для непостоянных рабочих мест и в производственных условиях концентрация аэроионов должна находиться от минимально необходимого до максимально допустимого уровней. Для нормализации аэроионного состава воздуха в помещениях используется приточно-вытяжная вентиляция и аэроионизирующее оборудование – аэроионизаторы, гидроаэроионизаторы, галогенераторы, галокамеры, спелеоклиматические камеры, электростатические фильтры и деионизаторы [7].

Тема 12. Освещение производственных помещений.

Производственный шум.

Виды излучений и их воздействие на организм человека

12.1 Виды и характеристика производственного освещения

В зависимости от источника света различают производственное освещение:

- естественное;
- искусственное;
- совмещенное.

12.1.1 Естественное освещение

Этот вид освещения обеспечивается солнцем и рассеянным светом небосвода, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на следующие виды:

- боковое;
- верхнее;
- комбинированное.

Боковое естественное освещение – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

Верхнее естественное освещение – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания.

Комбинированное естественное освещение – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

12.1.2 Искусственное освещение

Этот вид освещения создается искусственными источниками света (лампами накаливания или газоразрядными лампами).

Искусственное освещение подразделяется:

- на рабочее;
- аварийное;
- охранное;
- дежурное.

Искусственное освещение может быть двух видов – *общее* и *комбинированное*.

Рабочее освещение. Данный вид освещения следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и с различными режимами работы, должно предусматриваться раздельное управление освещением таких зон. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и эвакуационного освещения.

Величины освещенности, приведенные в нормах, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- при работах I – VI разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т. п.);
- при специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;
- при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения 300 лк и менее;

– при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;

– при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

– при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;

– в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень. В помещениях, где выполняются работы IV – VI разрядов, нормы освещенности следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

При выполнении в помещениях работ I – III, IVa, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения.

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах.

Дежурное освещение. Этот вид освещения предназначен для минимального искусственного освещения для несения дежурств охраны в нерабочее время, совпадающее с темным временем суток.

Аварийное освещение. Такой вид освещения разделяется на освещение *безопасности* и *эвакуационное*.

Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

– взрыв, пожар, отравление людей;

– длительное нарушение технологического процесса;

– нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ, и т. п.;

– нарушение режима работы детских учреждений независимо от числа находящихся в них детей.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует предусматривать:

– в местах, опасных для прохода людей;

– в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся *более 50 чел.*;

– по основным проходам производственных помещений, в которых работают *более 50 чел.*;

– в лестничных клетках жилых домов высотой 6 этажей и более;

– в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;

– в помещениях общественных зданий, административных и бытовых зданий промышленных предприятий, если в помещениях могут одновременно находиться *более 100 чел.*;

– в производственных помещениях без естественного света.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5 % от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий. При этом создавать наименьшую освещенность внутри зданий более 30 лк при разрядных лампах и более 10 лк при лампах накаливания допускается только при наличии соответствующих обоснований.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц:

– в помещениях – 0,5 лк;

– на открытых территориях – 0,2 лк.

Светильники освещения безопасности в помещениях могут использоваться для эвакуационного освещения.

В общественных, административных и бытовых зданиях предприятий выходы из помещений, где могут находиться одновременно *более 100 чел.*, а также выходы из производственных помещений без естественного света, где могут находиться одновременно *более 50 чел.*, или имеющих площадь *более 150 м²*, должны быть отмечены указателями «ВЫХОД» белого цвета на зеленом фоне. Указатели выходов могут быть световыми, со встроенными в них источниками света, присоединяемыми к сети аварийного освещения, и не световыми (без источников света) при условии, что обозначение выхода (надпись, знак и т. п.) освещается светильниками аварийного освещения. При этом указатели должны устанавливаться на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворота коридора. Дополнительно должны быть отмечены указателями выходы из коридоров и рекреаций, примыкающих к помещениям, перечисленным выше.

Осветительные приборы аварийного освещения (освещения безопасности, эвакуационного) допускается предусматривать горящими, включаемыми одновременно с осветительными приборами нормального освещения, и негорящими, автоматически включаемыми при прекращении питания нормального освещения.

Охранное освещение. Такое освещение используется при отсутствии специальных технических средств охраны и должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Освещенность должна быть *не менее 0,5 лк* на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы. При использовании для охраны специальных технических средств освещенность следует принимать по заданию на проектирование охранного освещения.

Область применения, величины освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Искусственное освещение бывает *общее* (равномерное, локализованное) и *комбинированное*.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным.

Система общего освещения должна соответствовать следующим требованиям:

- она должна быть оснащена антибликовыми приспособлениями (сетками, диффузорами и т. д.);

- часть света должна быть направлена на потолок и на верхнюю часть стен;

- источники света должны быть установлены как можно выше, чтобы уменьшить ослепление и сделать освещение более однородным.

В соответствии с ГОСТ 12.1.046 общее равномерное рабочее освещение строительных площадок должно быть не менее 2 лк.

Общая локализованная система освещения предназначена для увеличения освещения путем размещения ламп ближе к рабочим поверхностям. При таком освещении светильники часто дают блики, поэтому их рефлекторы должны быть расположены таким образом, чтобы они убрали источник света из прямого поля зрения работающего: например, они могут быть направлены вверх.

Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним площадях. Применение только местного освещения, как стационарного, так и переносного, в производственных помещениях не допускается.

Комбинированное освещение $E_{\text{комб}}$ состоит из общего $E_{\text{общ}}$ и местного $E_{\text{мест}}$ (местный светильник – например, настольная лампа). Его устанавливают при работах высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света.

$$E_{\text{комб}} = E_{\text{общ}} + E_{\text{мест}}$$

Доля общего освещения в комбинированном должна быть не менее 10 %.

Кроме естественного и искусственного освещения может применяться их сочетание, когда освещенности за счет естественного света недостаточно для выполнения той или иной работы. Такое освещение называется *совмещенным*. Для выполнения работы наивысшей, очень высокой и высокой точности обычно естественной освещенности недостаточно и поэтому применяют совмещенное освещение.

12.1.3 Нормирование и оценка производственного освещения

Поскольку уровень естественного освещения может резко меняться в течение короткого времени, то нормируемой величиной (количественной характеристикой) естественного освещения принята не освещенность рабочего места, а коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности e представляет собой отношение естественной освещенности в контрольной точке внутри помещения $E_{\text{в}}$

к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности E_n , создаваемой светом полного открытого небосвода.

КЕО показывает, какую часть наружной освещенности составляет освещенность в определенной точке внутри помещения.

Искусственное освещение оценивается величиной освещенности E , лк.

Совмещенное освещение оценивается коэффициентом естественной освещенности при отключении источников искусственного света.

Нормы производственного освещения устанавливаются в зависимости от разряда зрительной работы, т. е. её характеристики (наименьшего размера объекта различения, светлости фона, величины контраста объекта с фоном, вида и системы освещения (для искусственного освещения)).

Фон – это поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Светлость фона характеризуется коэффициентом отражения ρ , равным отношению светового потока, отраженного от поверхности $F_{отр}$ к световому потоку, падающему на поверхность $F_{пад}$:

$$\rho = F_{отр} / F_{пад}$$

Фон считается светлым при $\rho > 0,4$, средним – при $0,4 > \rho > 0,2$ и темным – при $\rho < 0,2$.

Контраст объекта различения с фоном оценивается коэффициентом контрастности K . Контраст считается большим при $K > 0,5$, средним – при $0,5 \geq K > 0,2$ и малым – при $K < 0,2$.

Зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера различаемой детали, которые, в свою очередь, разбиваются на четыре подразряда (а, б, в, г) в зависимости от контраста детали различения с фоном и от коэффициента отражения фона.

Для каждого подразряда нормами устанавливаются определенные значения освещенности и коэффициента естественной освещенности, которые уменьшаются по мере увеличения размера деталей, контраста с фоном и коэффициента отражения.

При гигиенической оценке естественного освещения оценивается (сравнивается с нормой – e_n) минимальное значение $e_{мин}$, имеющее место:

– при одностороннем боковом освещении – на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (рисунок 12.1.1, а);

– при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения (рисунок 12.1.1, б);

– при верхнем или верхнем и боковом – среднее арифметическое значение КЕО в точках на расстоянии 1 м от поверхности стен или перегородок.

При определении нормативного значения КЕО e_n необходимо учитывать коэффициент светового климата m и коэффициент солнечного климата c , значение которых зависит от географического пояса:

$$e_{нх} = e_{нмс}$$

При искусственном освещении освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного освещения, должна составлять 10 % нормируемой для комбинированного освещения. При этом источники света, применяемые для общего освещения, должны применяться и для местного освещения. При этом наибольшее и наименьшее значения освещенности должны приниматься для газоразрядных ламп 500 и 150 лк, а для ламп накаливания 100 и 50 лк [32].

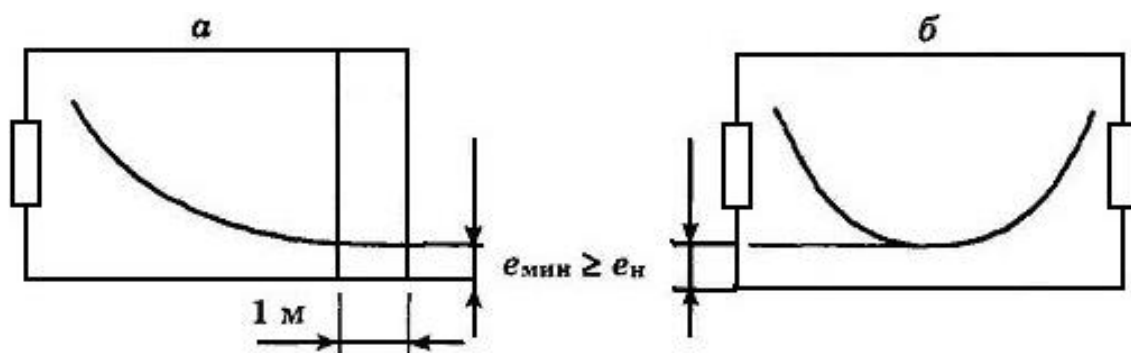


Рисунок 12.1.1. – Оценка одно- и двустороннего естественного освещения

12.2 Производственный шум. Классификация шума. Нормирование уровня шума

12.2.1 Понятие и основные характеристики производственного шума

Производственный шум – совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работников неприятные ощущения.

С физической точки зрения звук представляет собой механические колебания упругой среды (объединяет как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред).

Ощущение звука проявляется только в том случае, когда частота колебаний и их интенсивность лежат в определенных пределах. Для человеческого уха спектр слышимых звуковых колебаний лежит в диапазоне от 20 Гц до 20 000 Гц, если не принимать во внимание индивидуальные способности и возрастные ограничения.

В атмосфере вне зависимости от человека всегда присутствуют шумы естественного происхождения с весьма широким спектральным диапазоном (морской прибой, горный обвал, грозовой разряд, извержение вулкана, ветер, водопад).

Антропогенные источники шума – это работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры; кузнечнопрессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т. д.

Основные характеристики шума:

- колебательная скорость v , м/с;
- скорость распространения звука (скорость звука) c , м/с;
- звуковое давление p , Па;
- интенсивность звука I , Вт/м²;
- уровень звукового давления L_p , дБ;
- уровень интенсивности звука L_i , дБ.

Колебательная скорость – скорость колебания частиц воздуха относительно положения равновесия.

Скорость распространения звука (скорость звука) – скорость распространения звуковой волны. При нормальных атмосферных условиях (температура 20 °С, давление 10⁵ Па) скорость распространения звука в воздухе равна 344 м/с.

Звуковое давление – переменное избыточное давление, возникающее в упругой среде при прохождении через неё звуковой волны. Единица измерения в Международной системе единиц (СИ) – Паскаль (Па):

$$p = v \cdot \rho \cdot c,$$

где ρ – плотность среды, кг/м³;

$\rho \cdot c$ – удельное акустическое сопротивление, равное 410 Па·с/м для воздуха, 1,5·10⁶ Па·с/м – для воды, 4,8·10⁷ Па·с/м – для стали.

При распространении звука со скоростью звуковой волны происходит перенос энергии, которая характеризуется интенсивностью звука.

Интенсивность звука – энергия, переносимая звуковой волной в единицу времени, отнесенная к площади поверхности, через которую она распространяется:

$$I = p^2 / (\rho \cdot c).$$

Звуковое давление и интенсивность звука принято характеризовать их логарифмическими значениями – уровнями звукового давления и интенсивности звука.

Уровень звукового давления:

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right),$$

где p_0 – пороговое звуковое давление, равное 2·10⁻⁵ Па.

Уровень интенсивности звука:

$$L_i = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

где I_0 – пороговая интенсивность звука, равная 10⁻¹² Вт/м².

Пороги слышимости – минимальные значения звукового давления и интенсивности звука, которые слышит человек при частоте в 1000 Гц.

Диапазон звуковых частот разбит на октавные полосы¹. Каждая октава характеризуется среднегеометрической частотой

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}.$$

Граничные и среднегеометрические частоты октавных полос приведены в таблице 12.2.1.

Если $f_1 \cdot f_2 = \sqrt[3]{2} = 1,26$, то ширина полосы равна 1/3 октавы. Для гигиенических целей шумы исследуют обычно в октавных, а для технических – в 1/3-октавных полосах частот.

Таблица 12.2.1. – Частоты и диапазоны октавных полос

Среднегеометрические значения октавных полос, Гц	Граничные частоты и диапазоны октавных полос, Гц	Среднегеометрические значения октавных полос, Гц	Граничные частоты и диапазоны октавных полос, Гц
63	45 – 90	1000	710 – 1400
125	90 – 180	2000	1400 – 2800
250	180 – 355	4000	2800 – 5600
500	355 – 710	8000	5600 – 11200

Шум классифицируется:

1. *По частоте:*

- инфразвук;
- звук (низкочастотный [менее 350 Гц], среднечастотный [от 350 до 800 Гц], высокочастотный [свыше 800 Гц]);
- ультразвук.

2. *По спектру:*

- широкополосный;
- тональный.

3. *По временным характеристикам:*

- постоянный;
- непостоянный (колеблющийся, прерывистый, импульсный).

4. *По природе возникновения:*

- механический;
- аэродинамический;
- гидравлический;
- электромагнитный.

Постоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или рабочую смену изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

¹ Полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты f_2 к нижней f_1 равно 2, называется *октавой*.

Непостоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или рабочую смену изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно». Непостоянный шум разделяют на колеблющийся, прерывистый и импульсный.

Колеблющийся шум – шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени.

Прерывистый шум – шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более), при этом уровни звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются менее чем на 7 дБА.

Импульсный шум – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, для которых уровни звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

Широкополосный шум обладает непрерывным спектром более одной октавы. *Тональный (дискретный)* содержит в спектре выраженные дискретные тона (частоты, уровень звука на которых значительно выше уровня звука на других частотах). Шум реактивного самолета – широкополосный шум, шум дисковой пилы – тональный (в спектре шума имеется ярко выраженная частота с доминирующим уровнем звука).

Механические шумы возникают по причине наличия в механизмах инерционных возмущающих сил, соударения деталей, трения и др.

Аэродинамические шумы возникают в результате движения газа, обтекания газовыми (воздушными) потоками различных тел. Аэродинамический шум возникает при работе вентиляторов, воздуходувок, компрессоров, газовых турбин, выпусков пара и газа в атмосферу и т. д.

Гидравлические шумы возникают вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях.

Электромагнитные шумы возникают в электрических машинах и оборудовании, использующих электромагнитную энергию.

12.2.2 Нормирование уровня шума

Предельно допустимый уровень шума (ПДУ) – уровень, который при ежедневной работе (кроме выходных дней), но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки и позднее настоящего и последующих поколений.

Предельно допустимый уровень шума устанавливается в зависимости от видов трудовой деятельности. По этому признаку выделяют 5 категорий норм шума. Категории норм предельно-допустимых уровней устанавливаются в зависимости от видов трудовой деятельности и в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 и ГОСТ 12.1.003-83 (таблица 12.2.2).

Таблица 12.2.2. – Категории норм предельно допустимых уровней шума

Категория норм шума	Основные виды трудовой деятельности	Типичные рабочие места
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность	В помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории	В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лаборатории
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа	В помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации и вычислительных машинах
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами	За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием для размещения шумных агрегатов вычислительных машин
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных выше и аналогичных им)	В производственных помещениях и на территории предприятия

12.2.3 Неблагоприятные последствия и заболевания при воздействии шума

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку уха и вызываемое ощущение громкости зависят от звукового давления. В связи с этим для оценки воздействия шума на человека используют уровень звукового давления L_p .

1. Общебиологическое действие:

- изменяя протекание процессов высшей нервной деятельности (раздражительность, эмоциональная неустойчивость; снижение внимания, памяти, трудоспособности; невроты);
- изменения в сердечно-сосудистой системе (боли в области сердца, повышенное артериальное давление);
- боли в желудке, желчном пузыре;
- снижение общей резистентности организма человека.

2. *Специфическое действие* – нарушение функции слухового анализатора. В результате спазма сосудов звуковоспринимающего аппарата развивается нарушение обменных процессов, дегенеративные изменения. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости (при уровне звука более 80 дБ), основным симптомом которого является постоянная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (более 400 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

Максимальный уровень звука для колеблющегося и прерывистого шума не должен превышать 110 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА.

Предельно допустимый уровень шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещения жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки устанавливаются согласно приложению 3 к СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.

Шум звукового диапазона на производстве приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении работы. В результате снижается производительность труда и ухудшается качество выполняемой работы. Шум замедляет реакцию человека на поступающие от технических объектов и внутрицехового транспорта сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Характеристика слухового восприятия человека с нормальным слухом представлена на рисунке 12.2.2.

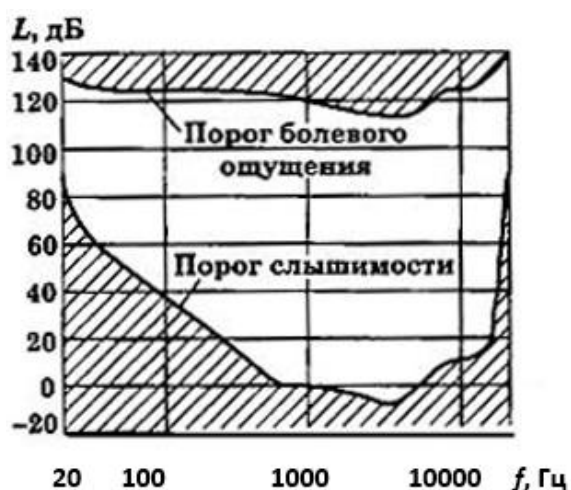


Рисунок 12.2.2. – Слуховое восприятие человека

Предельные значения уровней звукового давления изображены двумя кривыми. Нижняя кривая соответствует порогу слышимости. Как видно, при определенных частотах человек слышит отрицательные уровни звука. Это объясняется тем, что логарифмическая шкала уровней звукового давления построена таким образом, что за пороговое значение уровня звукового давления p принят порог

слышимости на частоте 1000 Гц ($L = 0$ дБ). Однако порог слышимости человека на частотах 2000–4000 Гц меньше. Верхняя кривая соответствует порогу болевого ощущения ($L = 120–130$ дБ).

Субъективные ощущения человека от воздействия шума зависят не только от уровня звукового давления, но и от частоты. Звуки низкой частоты воспринимаются как менее громкие по сравнению со звуками более высокой частоты такой же интенсивности.

Звуки, превышающие по своему уровню порог болевого ощущения, могут вызвать боли и повреждения в слуховом аппарате (перфорация или даже разрыв барабанной перепонки). Область на частотной шкале, лежащая между двумя кривыми, называется областью слухового восприятия.

Шум с уровнем звукового давления до 30–45 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение уровня звука до 40–70 дБ создает дополнительную нагрузку на нервную систему, вызывает ухудшение самочувствия и при длительном воздействии может стать причиной неврозов.

Длительное воздействие шума с уровнем свыше 80 дБ может привести к ухудшению слуха – профессиональной тугоухости. При действии шума свыше 130 дБ возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при уровнях звука свыше 160 дБ вероятен смертельный исход.

Помимо снижения слуха рабочие, подвергающиеся постоянному воздействию шума, жалуются на головные боли, головокружение, боли в области сердца, желудка, желчного пузыря, повышенное артериальное давление. Шум снижает иммунитет человека и его устойчивость к внешним воздействиям. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Степень воздействия шума на слуховой аппарат человека зависит не только от интенсивности и звукового давления, но также и от частоты и характера изменения звука во времени.

Предел переносимости шума определяется величиной 154 дБ. При этом появляется удушье, сильная головная боль, нарушение зрительных восприятий, тошнота и т. д.

12.2.4 Средства и методы защиты от действия шума

Борьба с шумом на производстве осуществляется комплексно и включает меры следующего характера:

- организационно-технологического;
- санитарно-технического;
- лечебно-профилактического.

К *организационно-техническим методам защиты* относят:

- применение малозумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.);
- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;
- применение малозумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц;

- совершенствование технологии и обслуживания машин;
- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

В зависимости от принципа действия *акустические средства защиты* от шума подразделяются:

- на средства звукоизоляции;
- средства звукопоглощения;
- средства демпфирования;
- глушители шума.

Снижение шума на пути его распространения от источника в значительной степени достигается:

- акустическими средствами (звукоизоляция, звукопоглощение, глушители шума и т. п.);
- архитектурно-планировочными методами (рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов, планирование размещения технологического оборудования, машин, рабочих мест, шумопоглощающих зон и т. п.).

Классификация средств и методов защиты от шума приведена в ГОСТ 12.1.029. Технические нормативные правовые акты предусматривают *защиту от шума следующими строительно-акустическими методами*:

- звукоизоляцией ограждающих конструкций, уплотнением притворов окон, дверей, ворот и т. п., устройством звукоизолированных кабин для персонала; укрытием источников шума в кожухи;
- установкой в помещениях на пути распространения шума звукопоглощающих конструкций и экранов;
- применением глушителей аэродинамического шума в двигателях внутреннего сгорания и компрессорах; звукопоглощающих облицовок в воздушных трактах вентиляционных систем;
- созданием шумозащитных зон в различных местах нахождения людей, использованием экранов и зеленых насаждений.

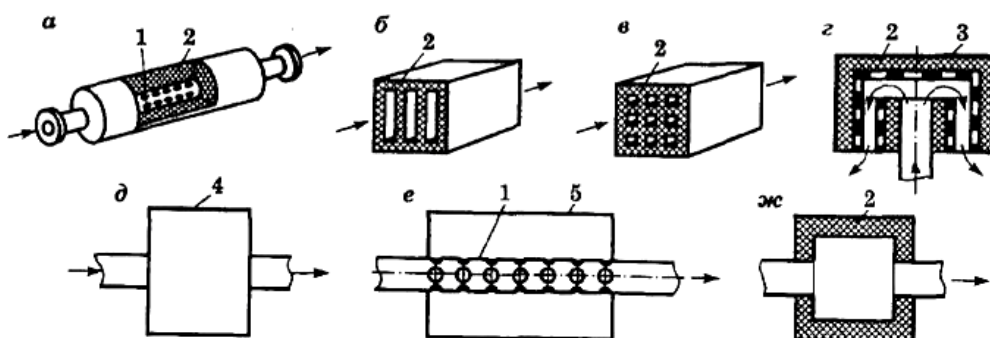
Ослабление шума достигается путем использования под полом упругих прокладок без жесткой их связи с несущими конструкциями зданий, установкой оборудования на амортизаторы или специально изолированные фундаменты. Широко применяются средства звукопоглощения – минеральная вата, войлочные плиты, перфорированный картон, древесноволокнистые плиты, стекловолокно, а также активные и реактивные глушители (рисунок 12.2.3).

Глушители аэродинамического шума бывают абсорбционными, реактивными (рефлексными) и комбинированными. В абсорбционных глушителях затухание шума происходит в порах звукопоглощающего материала.

Принцип работы реактивных глушителей основан на эффекте отражения звука в результате образования «волновой пробки» в элементах глушителя. В комбинированных глушителях происходит как поглощение, так и отражение звука.

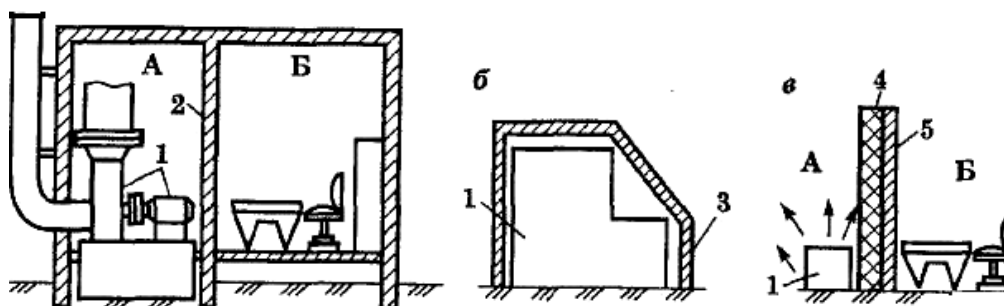
Звукоизоляция является одним из наиболее эффективных и распространенных методов снижения производственного шума на пути его распространения. С помощью звукоизолирующих устройств (рисунок 12.2.4) легко снизить уровень

шума на 30–40 дБ. Эффективными звукоизолирующими материалами являются металлы, бетон, дерево, плотные пластмассы и т. п.



а – абсорбционного трубчатого типа; б – абсорбционного сотового типа;
 з – абсорбционного экранного типа; д – реактивного камерного типа;
 е – резонансный; ж – комбинированного типа;
 1 – перфорированные трубки; 2 – звукопоглощающий материал;
 3 – стеклоткань; 4 – расширительная камера; 5 – резонансная камера

Рисунок 12.2.3. – Глушители шума



а – звукоизолирующая перегородка; б – звукоизолирующий кожух;
 в – звукоизолирующий экран;
 А – зона повышенного шума; Б – защищаемая зона;
 1 – источники шума; 2 – звукоизолирующая перегородка; 3 – звукоизолирующий кожух;
 4 – звукоизолирующая облицовка; 5 – акустический экран

Рисунок 12.2.4. – Схемы звукоизолирующих устройств

Для снижения шума в помещении на внутренние поверхности наносят звукопоглощающие материалы, а также размещают в помещении штучные звукопоглотители.

Звукопоглощающие устройства бывают пористыми, пористо-волокнистыми, с экраном, мембранные, слоистые, резонансные и объемные. Эффективность применения различных звукопоглощающих устройств определяется в результате акустического расчета. Для достижения максимального эффекта рекомендуется облицовывать не менее 60 % общей площади ограждающих поверхностей, а объемные (штучные) звукопоглотители располагать как можно ближе к источнику шума.

Снизить неблагоприятное воздействие шума на рабочих возможно, сократив время их нахождения в шумных цехах, рационально распределив время труда и отдыха и т. д. Время работы подростков в условиях шума регламентировано: для них необходимо устраивать обязательные 10–15-минутные перерывы, во время которых они должны отдыхать в специально выделенных комнатах вне шумового воздействия. Такие перерывы устраиваются для подростков, работающих первый год, через каждые 50 мин – 1 ч работы, второй год – через 1,5 ч, третий год – через 2 ч работы.

Зоны с уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности.

Основными источниками вибрационного (механического) шума машин и механизмов являются зубчатые передачи, подшипники, соударяющиеся металлические элементы и т. п. Снизить шум зубчатых передач можно повышением точности их обработки и сборки, заменой материала шестерен, применением конических, косозубых и шевронных передач. Снизить шум станков можно применением быстрорежущей стали для резца, смазочно-охлаждающих жидкостей, заменой металлических частей станков пластмассовыми и т. д.

Для снижения аэродинамического шума используют *специальные шумоглушащие элементы* с криволинейными каналами. Снизить аэродинамический шум можно улучшением аэродинамических характеристик машин. Дополнительно применяются средства звукоизоляции и глушители.

Акустическая обработка помещений (снижение плотности звуковой энергии в помещении, отражений от стен, перекрытий, оборудования и т. п.) обязательна в шумных цехах машиностроительных заводов, цехах ткацких фабрик, вычислительных центров и должна составлять не менее 60 % площади помещения.

Новым методом снижения шума является *метод «антизвука»* (равного по величине и противоположного по фазе звука). В результате интерференции основного звука и «антизвука» в некоторых местах шумного помещения можно создать зоны тишины. В месте, где необходимо уменьшить шум, устанавливается микрофон, сигнал от которого усиливается и излучается определенным образом расположенными динамиками. Уже разработан комплекс электроакустических приборов для интерференционного подавления шума.

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты и другие средства не обеспечивают снижение шума до допустимых уровней.

СИЗ позволяют снизить уровень воспринимаемого звука на 0 – 45 дБ, причем наиболее значительное глушение шума наблюдается в области высоких частот, которые наиболее опасны для человека.

Средства индивидуальной защиты человека от шума в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются:

- на противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противошумные шлемы и каски;
- противошумные костюмы.

Снижение шума в источнике достигается путем его конструктивных изменений. Выбор средств снижения шума в источнике его возникновения зависит от происхождения шума. Это обеспечивается заменой возвратно-поступательного перемещения вращательным; заменой ударных процессов безударными; заменой зубчатых передач клиноременными и гидравлическими; повышением качества изготовления и обслуживания и т. д. [4].

12.3 Производственные излучения

Существует четыре основных вида производственных излучений:

- электромагнитные;
- ионизирующие;
- ультрафиолетовые;
- лазерные излучения.

Электромагнитные излучения возникают в результате применения систем, связанных с генерированием, передачей и использованием энергии электромагнитных колебаний, что ведет к возникновению в окружающей среде электромагнитных полей (ЭМП). Превышение допустимых уровней воздействия электромагнитного поля на человека может приводить к возникновению общих и профессиональных заболеваний. Последствия воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависят от интенсивности воздействия, продолжительности облучения, от диапазона частот, размеров облученной поверхности и индивидуальных особенностей организма.

Защита от электромагнитных излучений ведется по следующим направлениям:

- экранирование рабочих мест;
- удаление рабочих мест от источников электромагнитного излучения;
- применение средств индивидуальной защиты;
- использование предупреждающей сигнализации;
- рационализация режимов работы персонала и оборудования.

Ионизирующие излучения. К ним относятся любые излучения, вызывающие ионизацию окружающей среды (образование заряженных атомов или молекул-ионов). Подобные излучения используются для дефектоскопии металлов, контроля качества сварки, в медицине, атомной энергетике, геологоразведке, в сельском хозяйстве и пр. Ионизирующие излучения отрицательно сказываются на организме человека, провоцируют в его тканях сложные химические, физические и биологические процессы. Существуют предельно допустимые дозы (ПДД) облучения человека, устанавливаемые нормами радиационной безопасности и основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами. В качестве защиты от внешнего облучения используют дистанционное управление работой оборудования, увеличение расстояния от работника до источника излучения, сокращение продолжительности работы в поле излучения, использование экранирования, средств индивидуальной защиты и дозиметрического контроля при соблюдении правил личной гигиены.

Ультрафиолетовые излучения. Их естественным источником является солнце, а искусственными – лазеры, электрические дуги, газоразрядные источники света и др. Ультрафиолетовые излучения являются необходимым условием нормальной жизнедеятельности человека. В то же время длительное их воздействие может приводить к повреждениям кожи и глаз. В качестве защиты от ультрафиолетовых излучений используют специальные экраны, солнцезащитные очки, спецодежду.

Лазерные излучения – усиление света за счет создания стимулированного излучения с помощью лазера (оптический квантовый генератор) – генератора электромагнитного излучения с длиной волны 0,2–1000 мкм.

Отличительными особенностями лазерных излучений являются:

- монохроматичность излучения (строго одной длины волны);
- когерентность излучения (все источники излучения испускают электромагнитные волны в одной фазе);
- острая направленность луча (малое расхождение).

Существует четыре вида лазерных излучений (рисунок 12.3.1).



Рисунок 12.3.1. – Виды лазерных излучений

Лазерные излучения характеризуются следующим образом:

- *прямое излучение* – заключенное в ограниченном телесном угле;
- *рассеянное излучение* – это излучение, рассеянное от вещества, сквозь которое проходит лазерный луч;
- *зеркально отраженное излучение*, т. е. отраженное от поверхности под углом, равным углу падения излучения;
- *диффузно отраженное излучение*, т. е. отражающееся от поверхности по всевозможным направлениям.

Под воздействием лазерного излучения происходит нарушение жизнедеятельности отдельных органов и организма в целом. Возможны повреждения внутренних органов (отеки, кровоизлияния, кровотечения, омертвления тканей и др.). При воздействии на кровь отмечается деформация красных кровяных телец, разрушение оболочки эритроцита и выброс обесцвеченной коагулированной массы [8].

12.4 Опасные и вредные факторы при работе на персональном компьютере

Работа с персональным компьютером – это воспроизведение визуальной информации на дисплее, которая должна быстро и точно восприниматься пользователем. Основным фактором, влияющим на производительность труда людей, работающих с ПЭВМ и видеодисплейными терминалами (ВДТ), являются комфортные и безопасные условия труда.

Условия труда пользователя, работающего с персональным компьютером, определяются:

- особенностями организации рабочего места;
- условиями производственной среды (освещением, микроклиматом, шумом, электромагнитными и электростатическими полями, визуальными эргономическими параметрами дисплея и т. д.);
- характеристиками информационного взаимодействия человека и персональных электронно-вычислительных машин.

В данном случае мы имеем один такой фактор – это поражение электрическим током. Так как компьютер питается от сети переменного напряжения 220 В, то представляет прямую угрозу жизни (особенно блок питания). В мониторе же напряжение может составлять порядка 5 киловольт даже после отключения питания. Поэтому обязательное требование безопасности – компьютер должен быть заземлён.

При выполнении работ на персональном компьютере (ПК) согласно ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы:

- повышенная температура поверхностей ПК;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- выделение в воздух рабочей зоны ряда химических веществ;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенный или пониженный уровень отрицательных и положительных аэроионов;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенная напряженность электрического поля;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная искусственная освещенность рабочей зоны;
- повышенная яркость света;
- повышенная контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- зрительное напряжение;
- монотонность трудового процесса;
- нервно-эмоциональные перегрузки.

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Одной из основных особенностей является иной принцип чтения информации, чем при обычном чтении. При обычном чтении текст на бумаге, расположенный горизонтально на столе, считывается работником с наклоненной головой при падении светового потока на текст. При работе на ПК оператор считывает текст, почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст (источник – люминесцирующее вещество экрана) формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отраженный текст, а смотрит непосредственно на источник света, что вынуждает глаза и орган зрения в целом работать в несвойственном ему стрессовом режиме длительное время.

Расстройство органов зрения резко увеличивается при работе более четырех часов в день. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) ввела понятие «компьютерный зрительный синдром» (КЗС), симптомами которого являются жжение в глазах, покраснение век и конъюнктивы, чувство инородного тела или песка под веками, боли в области глазниц и лба, затуманивание зрения, замедленная перефокусировка с ближних объектов на дальние.

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие дефицита времени, большого объема и плотности информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК, ответственности за безошибочность информации. Продолжительная работа на дисплее, особенно в диалоговом режиме, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии.

Кроме того, при повышенных нервно-психических нагрузках в сочетании с другими вредными факторами происходит «выброс» из организма витаминов и минеральных веществ. При работе в условиях повышенных нервно-эмоциональных и физических нагрузок гиповитаминоз, недостаток микроэлементов и минеральных веществ (особенно железа, магния, селена) ускоряет и обостряет восприимчивость к воздействию вредных факторов окружающей и производственной среды, нарушает обмен веществ, ведет к изнашиванию и старению организма. Поэтому при постоянной работе на ПК для повышения работоспособности и сохранения здоровья к мерам безопасности относится защита организма с помощью витаминно-минеральных комплексов, которые рекомендуется применять всем, даже практически здоровым пользователям ПК.

Повышенные статические и динамические нагрузки у пользователей ПК приводят к жалобам на боли в спине, шейном отделе позвоночника и руках. Из всех недомоганий, обусловленных работой на компьютерах, чаще встречаются те, которые связаны с использованием клавиатуры. В период выполнения операций ввода данных количество мелких стереотипных движений кистей и пальцев рук за смену может превысить 60 тыс., что в соответствии с гигиенической классификацией труда относится к категории вредных и опасных. Поскольку каждое нажатие на клавишу сопряжено с сокращением мышц, сухожилия непрерывно скользят вдоль костей и соприкасаются с тканями, вследствие чего могут

развиться болезненные воспалительные процессы. Воспалительные процессы тканей сухожилий (тендениты) получили общее название «травма повторяющихся нагрузок».

Большинство работающих рано или поздно начинают предъявлять жалобы на боли в шее и спине. Эти недомогания накапливаются постепенно и получили название «синдром длительных статических нагрузок» (СДСН).

Другой причиной возникновения СДСН может быть длительное пребывание в положении «сидя», которое приводит к сильному перенапряжению мышц спины и ног, в результате чего возникают боли и неприятные ощущения в нижней части спины. Основной причиной перенапряжения мышц спины и ног являются нерациональная высота рабочей поверхности стола и сидения, отсутствие опорной спинки и подлокотников, неудобное размещение монитора, клавиатуры и документов, отсутствие подставки для ног.

Для существенного уменьшения боли и неприятных ощущений, возникающих у пользователей ПК, необходимы частые перерывы в работе и эргономические усовершенствования, в том числе оборудование рабочего места так, чтобы исключать неудобные позы и длительные напряжения.

К числу факторов, ухудшающих состояние здоровья пользователей компьютерной техники, относятся электромагнитное и электростатическое поля, акустический шум, изменение ионного состава воздуха и параметров микроклимата в помещении. Немаловажную роль играют эргономические параметры расположения экрана монитора (дисплея), состояние освещенности на рабочем месте, параметры мебели и характеристики помещения, где расположена компьютерная техника.

С 28 июня 2013 г. введены Санитарные нормы и правила «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» (Требования Санитарных правил распространяются на вычислительные электронные цифровые машины персональные и портативные; периферические устройства вычислительных комплексов (принтеры, сканеры, клавиатуру, модемы внешние); устройства отображения информации (видеодисплейные терминалы – ВДТ) всех типов, условия и организацию работы с ПЭВМ) и направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ. Рабочие места с использованием ПЭВМ и помещения для их эксплуатации должны соответствовать требованиям Санитарных правил.

Физически вредные и опасные факторы. К физическим вредным и опасным факторам относятся: повышенные уровни электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового и инфракрасного излучения; повышенный уровень статического электричества и запыленности воздуха рабочей зоны; повышенное содержание положительных аэроионов и пониженное содержание отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны; повышенный уровень блескости и ослепленности; неравномерность распределения яркости в поле зрения; повышенная яркость светового изображения; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Химически вредные и опасные факторы. Химические вредные и опасные факторы следующие: повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси углерода, озона, аммиака, фенола и формальдегида.

Аллергия. Химическое соединение трифенилфосфат является составной частью пластика, из которого производят корпуса мониторов. Это вещество не только может замедлить горение, но и способно вызывать аллергию. Трифенилфосфат может быть причиной аллергии у человека, работающего за компьютером или находящегося рядом с компьютером. Аллергия проявляется кожным зудом, затруднением носового дыхания, головной болью. Корпус работающего монитора нагревается и уже при 50 градусах выделяет пары трифенилфосфата. Этот аллерген используют почти все производители. Хотя испарения уменьшаются со временем, даже после шестимесячной работы монитора они существенно превышают фоновый уровень.

Есть и еще один компьютерный источник аллергенов – принтер. Точнее, его чернила или тонер, который при работе выделяет чрезвычайно опасный газ – озон.

Кроме всех вышеперечисленных источников аллергенов, в компьютере (особенно в системном блоке) и вокруг него есть много разных мест, где спокойно могут размножаться бактерии. Например, такие загрязняющиеся предметы, как клавиатура и мышь. Плюс ко всему, пыль получает от монитора слабый электрический заряд, который позволяет аллергенам прилипнуть к коже пользователя, вызывая аллергию и кожные заболевания.

Психофизиологические вредные и опасные факторы. Психофизиологические вредные и опасные факторы: напряжение зрения и внимания; интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки; монотонность труда; большой объем информации, обрабатываемый в единицу времени; нерациональная организация рабочего места.

Типичные ощущения, которые испытывают к концу рабочего дня операторы ПЭВМ: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

Уже в первые годы компьютеризации было отмечено специфическое зрительное утомление у пользователей дисплеев, получившее общее название «компьютерный зрительный синдром». Одной из причин служит то, что сформировавшаяся за миллионы лет эволюции зрительная система человека приспособлена для восприятия объектов в отраженном свете (печатные тексты, рисунки и т. п.), а не для работы за дисплеем.

Изображение на дисплее принципиально отличается от привычных глазу объектов наблюдения: оно светится, мерцает, состоит из дискретных точек, а цветное компьютерное изображение не соответствует естественным цветам. Но не только особенности изображения на экране вызывают зрительное утомление.

Большую нагрузку орган зрения испытывает при вводе информации, так как пользователь вынужден часто переводить взгляд с экрана на текст и клавиатуру, находящиеся на разном расстоянии и по-разному освещенные.

Длительная и интенсивная работа на компьютере может стать источником тяжелых профессиональных заболеваний, таких как травма повторяющихся

нагрузок (ТПН), представляющая собой постепенно накапливающиеся недомогания, переходящие в заболевания нервов, мышц и сухожилий руки.

К профессиональным заболеваниям, связанным с ТПН, относятся:

- тендовагинит – воспаление сухожилий кисти, запястья, плеча;
- тендосиновит – воспаление синовиальной оболочки сухожильного основания кисти и запястья;
- синдром запястного канала (СЗК) – вызывается ущемлением срединного нерва в запястном канале. Накапливающаяся травма вызывает образование продуктов распада в области запястного канала, в результате чего вначале возникает отек, а затем СЗК.

Появляются жалобы на жгучую боль и покалывание в запястье, ладони, а также пальцах, кроме мизинца. Наблюдается болезненность и онемение, ослабление мышц, обеспечивающих движение большого пальца.

Эти заболевания обычно наступают в результате непрерывной работы на неправильно организованном рабочем месте.

Механизм нарушений, происходящих в организме под влиянием электромагнитных полей, обусловлен их специфическим (нетепловым) и тепловым действием.

Специфическое воздействие ЭМП отражает биохимические изменения, происходящие в клетках и тканях. Наиболее чувствительными являются центральная и сердечно-сосудистая системы. Возможны отклонения со стороны эндокринной системы.

В начальном периоде воздействия может повышаться возбудимость нервной системы, проявляющаяся раздражительностью, нарушением сна, эмоциональной неустойчивостью.

В последующем развиваются астенические состояния, т. е. физическая и нервно-психическая слабость. Поэтому для хронического воздействия ЭМП характерны: головная боль, утомляемость, ухудшение самочувствия, гипотония (снижение артериального давления), брадикардия (урежение пульса), боли в сердце. Указанные симптомы могут быть выражены в разной степени.

Тепловое воздействие ЭМП характеризуется повышением температуры тела, локальным избирательным нагревом клеток, тканей и органов вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию. Интенсивность нагрева зависит от количества поглощенной энергии и скорости оттока тепла от облучаемых участков тела. Отток тепла затруднен в органах и тканях с плохим кровоснабжением. К ним в первую очередь относится хрусталик глаза, вследствие чего возможно развитие катаракты. Тепловому воздействию ЭМП подвергаются также паренхиматозные органы (печень, поджелудочная железа) и полые органы, содержащие жидкость (мочевой пузырь, желудок). Нагревание их может вызвать обострение хронических заболеваний.

Защита от опасных и вредных факторов при работе на ПК. Наша нынешняя жизнь немыслима без ПК, но при работе с ним необходимо учитывать ряд рекомендаций, которые помогут сохранить ваше здоровье:

- минимальное расстояние между экраном и оператором ПК должно быть около 50 см;

- верх экрана должен быть примерно на уровне горизонтальной линии, проведенной от глаз к экрану;
- во время работы положение кистей рук должно быть горизонтальным, предплечья разогнуты в локтевых суставах под углом 90 градусов, спина должна быть прямой. Руки должны иметь опору на столе;
- во время нормальной работы голова не должна быть сильно наклонена, чтобы не беспокоили головные боли и боли в шее [1].

12.5 Оказание первой доврачебной помощи

Первая доврачебная помощь – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление или сохранение жизни и здоровья пострадавшего. Ее должен оказывать тот, кто находится рядом с пострадавшим (взаимопомощь), или сам пострадавший (самопомощь) до прибытия медицинского работника.

Первая помощь является началом лечения повреждений, т. к. она предупреждает такие осложнения, как шок, кровотечение, развитие инфекции, дополнительные смещения отломков костей и травмирование крупных нервных стволов и кровеносных сосудов.

Следует помнить, что от своевременности и качества оказания первой помощи в значительной степени зависит дальнейшее состояние здоровья пострадавшего и даже его жизнь. При некоторых незначительных повреждениях медицинская помощь пострадавшему может быть ограничена лишь объемом первой помощи. Однако при более серьезных травмах (переломах, вывихах, кровотечениях, повреждениях внутренних органов и др.) первая помощь является начальным этапом, так как после ее оказания пострадавшего необходимо доставить в лечебное учреждение. Первая помощь очень важна, но никогда не заменит квалифицированной (специализированной) медицинской помощи, если в ней нуждается пострадавший. Вы не должны пытаться лечить пострадавшего – это дело врача-специалиста.

12.5.1 Вывих

Вывих – это смещение суставных концов костей, частично или полностью нарушающее их взаимное соприкосновение.

Признаки вывиха:

- появление интенсивной боли в области пораженного сустава;
- нарушение функции конечности, проявляющееся в невозможности производить активные движения;
- вынужденное положение конечности и деформация формы сустава;
- смещение суставной головки с запустеванием суставной капсулы и пружинящая фиксация конечности при ее ненормальном положении.

Травматические вывихи суставов требуют немедленного оказания первой помощи. Своевременно вправленный вывих, при правильном последующем лечении, приведет к полному восстановлению нарушенной функции конечности.

Первая помощь должна состоять, как правило, в фиксации поврежденной конечности, даче обезболивающего препарата и направлении пострадавшего в лечебное учреждение. Фиксация конечности осуществляется повязкой или подвешиванием ее на косынке. При вывихах суставов нижней конечности пострадавший должен быть доставлен в лечебное учреждение в лежачем положении (на носилках), с подкладыванием под конечность подушек, ее фиксацией и даче пострадавшему обезболивающего средства. При оказании первой помощи в неясных случаях, когда не представилось возможным отличить вывих от перелома, с пострадавшим следует поступать так, будто у него явный перелом костей.

12.5.2 Кровотечение

Кровотечением называют излияние крови из поврежденных кровеносных сосудов. Оно является одним из частых и опасных последствий ранений, травм и ожогов. В зависимости от вида поврежденного сосуда различают артериальное, капиллярное и венозное кровотечения.

1. *Артериальное кровотечение* возникает при повреждении артерий и является наиболее опасным.

Признаки: из раны сильной пульсирующей струей бьет кровь алого цвета.

Первая помощь направлена на остановку кровотечения, которая может быть осуществлена путем придания кровотока области приподнятого положения, наложения давящей повязки, максимального сгибания конечности в суставе и сдавливания при этом проходящих в данной области сосудов, пальцевое прижатие, наложение жгута. Прижатие сосуда осуществляется выше раны, в определенных анатомических точках, там, где менее выражена мышечная масса, сосуд проходит поверхностно и может быть прижат к подлежащей кости. Прижимать лучше не одним, а несколькими пальцами одной или обеих рук.

При кровотечении в области виска прижатие артерии производится впереди мочки уха, у скуловой кости.

При кровотечении в области щеки сосуды следует прижимать к краю нижней челюсти, впереди жевательной мышцы.

При кровотечении из ран лица, языка, волосистой части головы прижатие к поперечному отростку шейного позвонка подлежит сонная артерия, по переднему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы, у ее середины.

При кровотечении в области плеча подключичную артерию прижимают под ключицей к ребру; подмышечная артерия прижимается в подмышечной впадине к головке плечевой кости.

При кровотечении в области предплечья и локтевого сгиба прижимают плечевую артерию у внутреннего края двуглавой мышцы плеча (бицепса) к плечевой кости.

При кровотечении в паховой области прижимается брюшная аорта кулаком ниже и слева от пупка к позвоночнику.

При кровотечении в области бедра прижатие осуществляется к горизонтальной ветви лобковой кости в точке, расположенной ниже паховой связки.

Пальцевое прижатие для временной остановки кровотечения применяют редко, только в порядке оказания экстренной помощи. Самым надежным способом

временной остановки сильного артериального кровотечения на верхних и нижних конечностях является наложение кровоостанавливающего жгута или закрутки, т. е. круговое перетягивание конечности. Существует несколько видов кровоостанавливающих жгутов. При отсутствии жгута может быть использован любой подручный материал (резиновая трубка, брючный ремень, платок, веревка и т. п.).

Порядок наложения кровоостанавливающего жгута:

– жгут накладывают при повреждении крупных артерий конечностей выше раны, чтобы он полностью пережимал артерию;

– жгут накладывают при приподнятой конечности, подложив под него мягкую ткань (бинт, одежду и др.), делают несколько витков до полной остановки кровотечения. Витки должны ложиться вплотную один к другому, чтобы между ними не попадали складки одежды. Концы жгута надежно фиксируют (завязывают или скрепляют с помощью цепочки и крючка). Правильно затянутый жгут должен привести к остановке кровотечения и исчезновению периферического пульса;

– к жгуту обязательно прикрепляется записка с указанием времени наложения жгута;

– жгут накладывается не более чем на 1,5–2 часа, а в холодное время года продолжительность пребывания жгута сокращается до 1 часа;

– при крайней необходимости более продолжительного пребывания жгута на конечности его ослабляют на 5–10 минут (до восстановления кровоснабжения конечности), производя на это время пальцевое прижатие поврежденного сосуда. Такую манипуляцию можно повторять несколько раз, но при этом каждый раз сокращая продолжительность времени между манипуляциями в 1,5–2 раза по сравнению с предыдущей. Жгут должен лежать так, чтобы он был виден. Пострадавший с наложенным жгутом немедленно направляется в лечебное учреждение для окончательной остановки кровотечения.

2. *Венозное кровотечение* возникает при повреждении стенок вен.

Признаки: из раны медленной непрерывной струей вытекает темная кровь.

Первая помощь заключается в остановке кровотечения, для чего достаточно придать приподнятое положение конечности, максимально согнуть ее в суставе или наложить давящую повязку. Такое положение придается конечности лишь после наложения давящей повязки. При сильном венозном кровотечении прибегают к прижатию сосуда. Поврежденный сосуд прижимают к кости ниже раны. Этот способ удобен тем, что может быть выполнен немедленно и не требует никаких приспособлений.

3. *Капиллярное кровотечение* является следствием повреждения мельчайших кровеносных сосудов (капилляров).

Признаки: кровоточит вся раневая поверхность.

Первая помощь заключается в наложении давящей повязки. На кровоточащий участок накладывают бинт (марлю), можно использовать чистый носовой платок или отбеленную ткань.

Обморок – внезапная кратковременная потеря сознания, сопровождающаяся ослаблением деятельности сердца и дыхания. Возникает при быстро развивающемся малокровии головного мозга и продолжается от нескольких секунд до 5–10 минут и более.

Признаки: обморок выражается во внезапно наступающей дурноте, головокружении, слабости и потере сознания. Обморок сопровождается побледнением и похолоданием кожных покровов. Дыхание замедленное, поверхностное, слабый и редкий пульс (до 40–50 ударов в минуту).

Первая помощь. Прежде всего, необходимо пострадавшего уложить на спину так, чтобы голова была несколько опущена, а ноги приподняты. Для облегчения дыхания освободить шею и грудь от стесняющей одежды. Тепло укройте пострадавшего, положите грелку к его ногам. Натрите нашатырным спиртом виски больного и поднесите к носу ватку, смоченную нашатырем, а лицо обрызгайте холодной водой. При затянувшемся обмороке показано искусственное дыхание. После прихода в сознание дайте ему горячий кофе.

Перелом – это нарушение целостности кости, вызванное насильем или патологическим процессом. Открытые переломы характеризуются наличием в области перелома раны, а закрытые характеризуются отсутствием нарушения целостности покровов (кожи или слизистой оболочки). Следует помнить, что перелом может сопровождаться осложнениями: повреждением острыми концами отломков кости крупных кровеносных сосудов, что приводит к наружному кровотечению (при наличии открытой раны) или внутритканевому кровоизлиянию (при закрытом переломе); повреждением нервных стволов, вызывающим шок или паралич; инфицированием раны и развитием флегмоны, возникновением остеомиелита или общей гнойной инфекции; повреждением внутренних органов (мозга, легких, печени, почек, селезенки и др.).

Признаки: сильные боли, деформация и нарушение двигательной функции конечности, укорочение конечности, своеобразный костный хруст.

При переломах черепа будут наблюдаться тошнота, рвота, нарушение сознания, замедление пульса – признаки сотрясения (ушиба) головного мозга, кровотечение из носа и ушей.

Переломы таза всегда сопровождаются значительной кровопотерей и в 30 % случаях развитием травматического шока. Такое состояние возникает в связи с тем, что в тазовой области повреждаются крупные кровеносные сосуды и нервные стволы. Возникают нарушения мочеиспускания и дефекации, появляется кровь в моче и кале.

Переломы позвоночника – одна из самых серьезных травм, нередко заканчивающаяся смертельным исходом. Анатомически позвоночный столб состоит из прилегающих друг к другу позвонков, которые соединены между собой межпозвонковыми дисками, суставными отростками и связками. В специальном канале расположен спинной мозг, который может также пострадать при травме. Весьма опасны травмы шейного отдела позвоночника, приводящие к серьезным нарушениям сердечно-сосудистой и дыхательной систем. При повреждении спинного мозга и его корешков нарушается его проводимость.

Первая помощь заключается в обеспечении неподвижности отломков кости (транспортной иммобилизации) поврежденной конечности шинами или имеющимися под рукой палками, дощечками и т. п. Если под рукой нет никаких предметов для иммобилизации, то следует прибинтовать поврежденную руку к туловищу,

поврежденную ногу – к здоровой. При переломе позвоночника пострадавший транспортируется на щите. При открытом переломе, сопровождающемся обильным кровотечением, накладывается давящая асептическая повязка и, по показаниям, кровоостанавливающий жгут. При этом следует учитывать, что наложение жгута ограничивается минимально возможным сроком. Пострадавшему даются обезболивающие препараты: баралгин, седалгин, анальгин, амидопирин, димедрол (дозировка в зависимости от возраста пострадавшего).

12.5.3 Раны

Одним из наиболее частых поводов для оказания первой помощи являются ранения (раны). Раной называется механическое повреждение покровов тела, нередко сопровождающееся нарушением целостности мышц, нервов, крупных сосудов, костей, внутренних органов, полостей и суставов. В зависимости от характера повреждения и вида ранящего предмета различают раны резаные, колотые, рубленые, ушибленные, размозженные, огнестрельные, рваные и укушенные. Раны могут быть поверхностными, глубокими и проникающими в полость тела.

Причинами ранения могут явиться различные физические или механические воздействия. В зависимости от их силы, характера, особенностей и мест приложения они могут вести к разнообразным дефектам кожи и слизистых, травмам кровеносных сосудов, повреждениям внутренних органов, костей, нервных стволов и вызывать острую боль.

Резаные раны. Резаная рана обычно зияет, имеет ровные края и обильно кровоточит. При такой ране окружающие ткани повреждаются незначительно и менее склонны к инфицированию.

Колотые раны являются следствием проникновения в тело колющих предметов. Колотые раны нередко являются проникающими в полости (грудную, брюшную и суставную). Форма входного отверстия и раневого канала зависит от вида ранящего оружия и глубины его проникновения. Колотые раны характеризуются глубоким каналом и нередко значительными повреждениями внутренних органов. Нередки при этом внутренние кровотечения в полости тела. Ввиду того, что раневой канал вследствие смещения тканей обычно извилист, могут образовываться затеки между тканями и развитие инфекций.

Рубленые раны. Для таких ран характерны глубокое повреждение тканей, широкое зияние, ушиб и сотрясение окружающих тканей.

Ушибленные и рваные раны характеризуются большим количеством размятых, ушибленных, пропитанных кровью тканей. Ушибленные кровеносные сосуды тромбированы.

При *огнестрельном ранении* пострадавший нуждается в срочной квалифицированной медицинской помощи.

Первая помощь. На любую рану должна быть наложена повязка, по возможности асептическая (стерильная). Средством наложения асептической повязки в большинстве случаев служит пакет перевязочный медицинский, а при его отсутствии – стерильный бинт, вата, лигнин и, в крайнем случае, чистая ткань. Если ранение сопровождается значительным кровотечением, необходимо остановить его любым подходящим способом. При обширных ранениях мягких тканей,

при переломах костей и ранениях крупных кровеносных сосудов и нервных стволов необходима иммобилизация конечности табельными или подручными средствами. Пострадавшему необходимо ввести обезболивающий препарат, дать антибиотики и как можно быстрее доставить в лечебное учреждение.

12.5.4 Растяжение

Растяжение – повреждение мягких тканей (связок, мышц, сухожилий, нервов) под влиянием силы, не нарушающей их целостности. Чаще всего происходит растяжение связочного аппарата суставов при неправильных, внезапных и резких движениях, выходящих за пределы нормального объема движений данного сустава (при подворачивании стопы, боковых поворотах ноги при фиксированной стопе и др.). В более тяжелых случаях может произойти надрыв или полный разрыв связок и суставной сумки.

Признаки: появление внезапных сильных болей, припухлости, нарушение движений в суставах, кровоизлияние в мягкие ткани. При ощупывании места растяжения проявляется болезненность.

Первая помощь предусматривает обеспечение покоя пострадавшему, тугое бинтование поврежденного сустава, обеспечивающее его неподвижность и уменьшение кровоизлияния. Затем необходимо обратиться к врачу – травматологу.

12.5.5 Искусственное дыхание

Искусственное дыхание – неотложная мера первой помощи при утоплении, удушье, поражении электрическим током, тепловом и солнечном ударах. Осуществляется до тех пор, пока у пострадавшего полностью не восстановится дыхание.

Механизм искусственного дыхания следующий:

- пострадавшего положить на горизонтальную поверхность;
- очистить рот и глотку пострадавшего от слюны, слизи, земли и других посторонних предметов, если челюсти плотно сжаты – раздвинуть их;
- запрокинуть голову пострадавшего назад, положив одну руку на лоб, а другую на затылок;
- сделать глубокий вдох, нагнувшись к пострадавшему, герметизировать своими губами область его рта и сделать выдох. Выдох должен длиться около 1 секунды и способствовать подъему грудной клетки пострадавшего. При этом ноздри пострадавшего должны быть закрыты, а рот накрыт марлей или носовым платком, из соображений гигиены;
- частота искусственного дыхания – 16–18 раз в минуту;
- периодически освобождать желудок пострадавшего от воздуха, надавливая на подложечную область.

12.5.6 Массаж сердца

Массаж сердца – механическое воздействие на сердце после его остановки с целью восстановления деятельности и поддержания непрерывного кровотока, до возобновления работы сердца.

Признаки внезапной остановки сердца – потеря сознания, резкая бледность, исчезновение пульса, прекращение дыхания или появление редких судорожных вдохов, расширение зрачков.

Механизм наружного массажа сердца заключается в следующем: при резком толчкообразном надавливании на грудную клетку происходит смещение ее на 3–5 см, этому способствует расслабление мышц у пострадавшего, находящегося в состоянии агонии. Указанное движение приводит к сдавливанию сердца и оно может начать выполнять свою насосную функцию – выталкивать кровь в аорту и легочную артерию при сдавливании, а при расправлении всасывать венозную кровь. При проведении наружного массажа сердца пострадавшего укладывают на спину, на ровную и твердую поверхность (пол, стол, землю и т. п.), расстегивают ремень и ворот одежды.

Оказывающий помощь, стоя с левой стороны, накладывает ладонь кисти на нижнюю треть грудины, вторую ладонь кладет крестообразно сверху и производит сильное дозированное давление по направлению к позвоночнику. Надавливания производят в виде толчков, не менее 60 в 1 мин. При проведении массажа у взрослого необходимо значительное усилие не только рук, но и всего корпуса тела. У детей массаж производят одной рукой, а у грудных и новорожденных – кончиками указательного и среднего пальцев, с частотой 100–110 толчков в минуту. Смещение грудины у детей должно производиться в пределах 1,5–2 см.

Эффективность непрямого массажа сердца обеспечивается только в сочетании с искусственным дыханием. Их удобнее проводить двум лицам. При этом первый делает одно вдувание воздуха в легкие, затем второй производит пять надавливаний на грудную клетку. Если у пострадавшего сердечная деятельность восстановилась, определяется пульс, лицо порозовело, то массаж сердца прекращают, а искусственное дыхание продолжают в том же ритме до восстановления самостоятельного дыхания. Вопрос о прекращении мероприятий по оказанию помощи пострадавшему решает врач, вызванный к месту происшествия.

12.5.7 Отравление людей аварийно химически опасными веществами

Отравление людей аварийно химически опасными веществами (АХОВ) при авариях и катастрофах происходит при попадании АХОВ в организм через органы дыхания и пищеварения, кожные покровы и слизистые оболочки. Характер и тяжесть поражений определяются следующими основными факторами: видом и характером токсического действия, степенью токсичности, концентрацией химических веществ на пострадавшем объекте (территории) и сроками воздействия на человека.

Признаки отравления АХОВ. Вышеуказанные факторы будут определять и клинические проявления поражений, которыми в начальный период могут быть:

– явления раздражения – кашель, першение и боль в горле, слезотечение и резь в глазах, боли в груди, головная боль;

– нарастание и развитие явлений со стороны центральной нервной системы (ЦНС) – головная боль, головокружение, чувство опьянения и страха,

тошнота, рвота, состояние эйфории, нарушение координации движений, сонливость, общая заторможенность, апатия и т. п.

Первая помощь должна быть оказана в возможно короткие сроки и заключаться:

- в надевании на пострадавшего противогаза, проведении частичной санитарной обработки открытых участков тела и одежды, прилегающей к открытым участкам тела;
- в использовании для защиты органов дыхания, при отсутствии противогаза, подручных средств (куска материи, полотенца и других материалов), смоченных раствором пищевой соды;
- во введении антидота (противоядия);
- в выносе (вывозе) пострадавшего из зоны заражения;
- в проведении при необходимости искусственного дыхания и непрямого массажа сердца на незараженной территории;
- в оказании первой медицинской помощи при наличии химического ожога (см. раздел «Химический ожог»);
- в доставке пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

12.5.8 Химические ожоги

Химические ожоги являются результатом воздействия на ткани (кожные покровы, слизистые оболочки) веществ, обладающих выраженным прижигающим свойством (крепкие кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов, фосфор). Большинство химических ожогов кожных покровов являются производственными, а химические ожоги слизистой оболочки полости рта, пищевода, желудка чаще бывают бытовыми.

Воздействие крепких кислот и солей тяжелых металлов на ткани приводит к свертыванию, коагуляции белков и их обезвоживанию, поэтому наступает коагуляционный некроз тканей с образованием плотной серой корки из омертвевших тканей, которая препятствует действию кислот на глубже лежащие ткани. Щелочи не связывают белки, а растворяют их, омыляют жиры и вызывают более глубокое омертвление тканей, которые приобретают вид белого мягкого струпа.

Следует отметить, что определение степени химического ожога в первые дни затруднено вследствие недостаточных клинических проявлений.

Первая помощь заключается:

- в немедленном обмывании пораженной поверхности струей воды, чем достигается полное удаление кислоты или щелочи и прекращается их поражающее действие;
- в нейтрализации остатков кислоты 2 %-м раствором гидрокарбоната натрия (пищевой содой);
- в нейтрализации остатков щелочи 2 %-м раствором уксусной или лимонной кислоты;
- в наложении асептической повязки на пораженную поверхность;
- в приеме пострадавшим обезболивающего средства в случае необходимости.

Ожоги фосфором обычно бывают глубокими, так как при попадании на кожу фосфор продолжает гореть.

Первая помощь при ожогах фосфором заключается:

- в немедленном погружении обожженной поверхности в воду или в обильном орошении ее водой;
- в очистке поверхности ожога от кусочков фосфора с помощью пинцета;
- в наложении на ожоговую поверхность примочки с 5 %-м раствором сульфата меди;
- в наложении асептической повязки;
- в приеме пострадавшим обезболивающего средства.

Исключите наложение мазевых повязок, которые могут усилить фиксацию и всасывание фосфора.

12.5.9 Радиационное поражение

Радиационное поражение имеет место при авариях на ядерных установках с нарушением целостности технологических коммуникаций и поступлением в окружающую среду гамма- и бета-радиоактивных веществ в жидком, аэрозольном или газообразном состоянии. В зависимости от конкретных условий (характер аварии, тип установки, объем пространства) человек может подвергаться воздействию:

- радиоактивных благородных газов;
- проникающего излучения от радиоактивно загрязненных объектов внешней среды;
- радиоактивных веществ, апплицированных на коже, слизистых оболочках глаз и дыхательных путей;
- радиоактивных веществ, поступающих в организм при вдыхании, заносе с загрязненных кожных покровов или при употреблении пищи и питьевой воды, содержащих нуклиды.

Сочетания отдельных компонентов воздействия могут быть различными. В каждом случае исход радиационного поражения будет зависеть от уровня и дозы при общем и местном облучении и, что весьма существенно, от размеров поверхности тела, подвергшейся «дополнительному» облучению.

Необходимо:

- укрыться от воздействия ионизирующего излучения;
- принять радиопротектор и стабильный йод (при аварии на АЭС);
- обратиться немедленно в лечебно-профилактическое учреждение данного объекта или расположенного поблизости;
- провести дезактивацию – помывку под душем горячей водой с мылом и щеткой.

При наличии механической травмы, термического ожога дополнительно следует:

- рану промыть струей воды с дезинфицирующим средством;
- рану обработать раствором перекиси водорода с целью удаления радионуклидов;
- на раневую поверхность наложить асептическую повязку;

- ввести (дать) обезболивающее средство;
- при переломе произвести иммобилизацию путем наложения шины.

12.5.10 Лучевые ожоги

Лучевые ожоги возникают при воздействии ионизирующего излучения, дают своеобразную клиническую картину и нуждаются в специальных методах лечения.

При облучении живых тканей нарушаются межклеточные связи и образуются токсические вещества, что служит началом сложной цепной реакции, распространяющейся на все тканевые и внутриклеточные обменные процессы. Нарушение обменных процессов, воздействие токсических продуктов и самих лучей прежде всего сказывается на функции нервной системы.

Признаки лучевого ожога. В первое время после облучения отмечается резкое перевозбуждение нервных клеток, сменяющееся состоянием парабриоза. Через несколько минут в тканях, подвергшихся облучению, происходит расширение капилляров, а через несколько часов – гибель и распад окончаний и стволов нервов.

Первая помощь:

- удалить радиоактивные вещества с поверхности кожи путем смыва струей воды или специальными растворителями;
- дать радиозащитные средства (радиопротектор – цистамин);
- на пораженную поверхность наложить асептическую повязку;
- пострадавшего в кратчайшие сроки доставить в лечебное учреждение.

12.5.11 Электротравмы

Электротравма возникает при непосредственном или косвенном контакте человека с источником электроэнергии. Под влиянием тепла (джоулево тепло), образующегося при прохождении электрического тока по тканям тела, возникают ожоги. Электрический ток обычно вызывает глубокие ожоги. Все патологические нарушения, вызванные электротравмой, можно объяснить непосредственным воздействием электрического тока при прохождении его через ткани организма; побочными явлениями, вызываемыми при прохождении тока в окружающей среде вне организма.

Признаки электротравмы. В результате непосредственного воздействия тока на организм возникают общие явления: расстройство деятельности центральной нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем и др.

Побочные явления в окружающей среде (тепло, свет, звук) могут вызвать изменения в организме: ослепление и ожоги вольтовой дугой, повреждение органов слуха и т. д.

При оказании первой помощи необходимо быстро освободить пораженного от действия электрического тока, используя подручные средства (сухую палку, веревку, доску и др.) или умело перерубив (перерезав) подходящий к нему провод лопатой или топором, отключив сеть и др. Оказывающий помощь в целях самозащиты должен обмотать руки прорезиненной материей, сухой тканью, надеть резиновые перчатки, встать на сухую доску, деревянный щит и т. п. Пораженного следует брать за те части одежды, которые не прилегают непосредственно к телу (подол платья, полы пиджака, плаща, пальто).

Реанимационные действия заключаются:

- в проведении искусственного дыхания изо рта в рот или изо рта в нос;
- в осуществлении закрытого массажа сердца.

Для снятия (уменьшения) боли пострадавшему вводят (дают) обезболивающий препарат. На область электрических ожогов накладывают асептическую повязку.

12.5.12 Термические ожоги

Термический ожог – это один из видов травмы, возникающей при воздействии на ткани организма высокой температуры. По характеру агента, вызвавшего ожог, последний может быть получен от воздействия светового излучения, пламени, кипятка, пара, горячего воздуха, электрического тока.

Ожоги могут быть самой разнообразной локализации (лицо, кисти рук, туловище, конечности) и занимать различную площадь. По глубине поражения ожоги подразделяют на 4 степени: I степень характеризуется гиперемией и отеком кожи, сопровождающимися жгучей болью; II степень – образование пузырей, заполненных прозрачной жидкостью желтоватого цвета; IIIa степень – распространение некроза на эпидермис; IIIб – некроз всех слоев кожи; IV степень – омертвление не только кожи, но и глубже лежащих тканей.

Первая помощь заключается:

- в прекращении действия травмирующего агента. Для этого необходимо сбросить загоревшуюся одежду, сбить с ног бегущего в горящей одежде, облить его водой, засыпать снегом, накрыть горящий участок одежды шинелью, пальто, одеялом, брезентом и т. п.;

- в тушении горящей одежды или зажигательной смеси. При тушении напалма применяют сырую землю, глину, песок; погасить напалм водой можно лишь при погружении пострадавшего в воду;

- в профилактике шока: введении (даче) обезболивающих средств;

- в снятии (срезании) одежды с пострадавших участков тела пораженного;

- в накладывании на обожженные поверхности асептической повязки (при помощи бинта, индивидуального перевязочного пакета, чистого полотенца, простыни, носового платка и т. п.);

- в немедленном направлении в лечебное учреждение.

Эффективность само- и взаимопомощи зависит от того, насколько быстро пострадавший или окружающие его люди смогут сориентироваться в обстановке, использовать навыки и средства первой медицинской помощи.

Реанимационные действия в очаге поражения сводятся к закрытому массажу сердца, обеспечению проходимости дыхательных путей, искусственному дыханию изо рта в рот или изо рта в нос. Если реанимация указанными методами неэффективна, ее прекращают.

12.5.13 Помощь в различных случаях

Отморожение – повреждение тканей, вызванное воздействием низких температур. Развитию отморожения способствует алкогольное опьянение, ветер, влажность воздуха, тесная одежда и обувь. Чаще всего поражаются пальцы рук

и ног, нос, уши. Воздействие низких температур приводит к спазму сосудов, в результате которого происходит замедление кровотока, тромбоз сосудов с нарушением кровообращения в органах и тканях. Различают отморожение 1, 2, 3, 4 степени. Отморожение чаще всего наступает без резких болевых ощущений.

Пострадавшего следует ввести в теплое помещение ($t=18-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), согреть, обложить грелками, дать ему горячий чай или кофе, обезболивающие средства.

Отмороженную конечность следует погрузить в ванну и согревать в течение 40–60 минут, постепенно повышая температуру от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Одновременно делают массаж, который следует продолжать до потепления и покраснения кожи, затем на пораженные участки надо наложить спиртовую повязку. Массаж проводят от периферии к центру, заставляя пострадавшего двигать пальцами, стопами, кистями рук. Растирание снегом, погружение конечностей в холодную воду недопустимо. При отморожении большого участка ноги или руки или при общем замерзании следует принять теплую ванну ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$), а затем, после смывания грязи, сделать массаж и повязку. Если же начали появляться пузырьки, наполненные жидкостью, т. е. это отморожение 2, 3 или 4 степени, пострадавшего следует отправить в больницу.

Тепловой и солнечный удары – болезненные состояния, возникающие в результате перегревания организма. Тепловой удар чаще всего происходит в жаркую безветренную погоду. Солнечный удар наступает при перегревании прямыми солнечными лучами, особенно головы.

Первые признаки перегревания организма – вялость, слабость, тошнота, головная боль, в дальнейшем может повыситься температура, появится рвота.

При появлении этих признаков пострадавшего необходимо доставить к врачу, но прежде следует оказать первичную помощь. Пострадавшего следует уложить в тени, в прохладном месте, снять стесняющую одежду. К голове, подмышечным и паховым областям, боковым поверхностям шеи нужно прикладывать пузырь со льдом или холодной водой. Можно укутать больного мокрой простыней, рекомендуется обильное питье – подсоленная холодная вода, холодный чай, кофе. Для возбуждения дыхания пострадавшего похлопывают по лицу влажным полотенцем, дают понюхать нашатырный спирт, растирают тело.

Отравлении угарным газом. При отравлении угарным газом у больного появляется головная боль, шум в ушах, головокружение, общая слабость. В тяжелых случаях возможны судороги и бессознательное состояние.

Больного надо вывести (или вынести) на свежий воздух, уложить на спину, положить на голову и грудь холодный компресс, напоить горячим чаем или кофе. Потерявшим сознание дать понюхать нашатырный спирт. Лучшее средство при отравлении угарным газом – длительное вдыхание кислорода (применение кислородных подушек). При отсутствии дыхания или резком его угнетении сделать искусственное дыхание.

Утопление. Характер оказания помощи пострадавшему, извлеченному из воды, зависит от тяжести его состояния. Если пострадавший в сознании, пульс и дыхание удовлетворительные и нет жалоб на недостаточность дыхания, то его следует уложить на сухую жесткую поверхность так, чтобы голова была низко опущена, раздеть, растереть сухим полотенцем, дать горячее питье и укутать сухим одеялом.

После извлечения из воды пострадавшего с удовлетворительным пульсом и дыханием, но в бессознательном состоянии, надо запрокинуть его голову и выдвинуть нижнюю челюсть, затем уложить так, чтобы голова была низко опущена, и освободить ротовую полость от тины, ила, рвотных масс, обтереть его насухо и согреть.

При извлечении из воды пострадавшего без самостоятельного дыхания, но с сохраненной сердечной деятельностью, после тех же предварительных мероприятий следует как можно быстрее сделать искусственное дыхание способом «рот в рот» или «рот в нос». Если у пострадавшего отсутствуют самостоятельное дыхание и сердечная деятельность, необходимо сочетать проведение искусственного дыхания с непрямой массаж сердца.

После оказания первой помощи, независимо от степени тяжести состояния, пострадавшего необходимо доставить в медицинское учреждение, так как во всех случаях возможны осложнения, от которых пострадавший может умереть.

Ушиб – механическое повреждение тканей и органов тела без нарушения целостности кожи. Основные признаки ушибов расположенных поверхностно тканей – боль и припухлость на месте повреждения. Припухлость, связанная с отеком ушибленных тканей, а при тяжелых ушибах также и с кровоизлиянием, обнаруживается чаще через 2-3 дня. При кровоизлиянии на месте ушиба обычно появляется кровоподтек в виде сине-багрового пятна. Для ослабления боли и уменьшения кровоизлияния следует сразу применить холод: сделать холодную примочку, положить пузырь со льдом.

Рекомендуется также наложить давящую повязку и обеспечить покой ушибленной части тела: руку повесить на косынке, ногу уложить высоко на подушке. Очень сильная боль после ушиба может означать повреждение кости. Нельзя самому растирать ушибленное место, это может привести к тромбофлебиту. Если отек и гематома не исчезают, надо обратиться к врачу. При сильных ушибах головы (особенно если они сопровождаются тошнотой, потерей сознания), груди, живота, могут быть повреждены мозг и внутренние органы. В таких случаях необходимо обеспечить пострадавшему покой и обратиться за медицинской помощью [5].

Тема 13. Основы пожарной безопасности. Электробезопасность

13.1 Пожарная безопасность

К основным нормативным документам в области пожарной безопасности относятся:

– [Закон Республики Беларусь «О пожарной безопасности»](#). Он определяет правовую основу и принципы организации системы пожарной безопасности и государственного пожарного надзора, действующих в целях защиты от пожаров жизни и здоровья людей, национального достояния, всех видов собственности и экономики Республики Беларусь;

– технические кодексы установившейся практики. Ими определяются требования к объектам, к их элементам, методикам расчета, организации выполнения работ и т. п.;

– нормы пожарной безопасности – нормы на проектируемые, строящиеся, реконструируемые объекты;

– правила пожарной безопасности – правила по безопасной эксплуатации объектов.

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, приводящее к ущербу.

Горение – сложный физико-химический процесс превращения исходных веществ в продукты сгорания в ходе экзотермических реакций, сопровождающийся интенсивным выделением тепла. Химическая энергия, запасенная в компонентах исходной смеси, может выделяться также в виде теплового излучения и света.

Опасные факторы пожара. Пожары в зданиях и сооружениях всегда сопровождаются возникновением одного или нескольких опасных для жизни и здоровья людей факторов:

- открытого огня и искр;
- повышения температуры окружающей среды и предметов;
- появления дыма;
- токсичных продуктов горения;
- снижения концентрации кислорода в воздухе;
- падения частей строительных конструкций и установок;
- взрывов.

Каждый из этих факторов может представлять для людей смертельную опасность.

Степень опасности воздействия повышенной температуры зависит от влажности воздуха: при высокой влажности критической становится температура 60–70 °С, а по мере уменьшения влажности уровень критической температуры увеличивается.

Критическая интенсивность лучистых потоков составляет 3000 Вт/м², при таких условиях у человека болевые ощущения возникают через 10–15 с. Выдерживает он такую температуру не более 30–40 с.

Углекислый газ при концентрации его в воздухе 8–10 %, а угарный газ при концентрации 0,5 % приводят к смерти через 20 мин, причем при концентрации последнего 1,3 % смерть человека наступает в результате 2–3 вдохов. Снижение концентрации кислорода до 10–11 % вызывает смерть через несколько минут.

Во время пожара различные опасные факторы могут возникнуть одновременно, поэтому вопрос своевременной и организованной эвакуации людей в случае пожара является одним из самых важных. Безопасность людей должна быть гарантирована во всех случаях вне зависимости от экономических соображений.

Безопасность процесса эвакуации достигается конструктивными и объемно-планировочными решениями эвакуационных путей и выходов, внедряемыми

при проектировании и строительстве объектов на основании требований нормативных документов, а также комплексом организационных мероприятий, осуществляемых администрацией в эксплуатируемых зданиях и сооружениях.

Горение жидкости. Горение жидкостей представляет собой сложный физико-химический процесс, протекающий при взаимном влиянии кинетических, тепловых и гидродинамических явлений. Горение жидкостей проходит в газовой фазе. В результате испарения над поверхностью жидкости образуется паровая струя, смешение и химическое взаимодействие которой с кислородом воздуха обеспечивает формирование зоны горения. Зона горения является тонкий светящийся слой газов, в который с поверхности жидкости поступают горючие пары, а из воздуха диффундирует кислород. Образующаяся стехиометрическая смесь сгорает в доли секунды. Поскольку скорость химического превращения в зоне горения зависит от скорости поступления реагирующих компонентов к поверхности пламени путем молекулярной или конвективной диффузии, процесс горения жидкостей называют диффузионным горением.

Горение твердых веществ. Горение твердых веществ отличается от горения газов наличием стадии разложения и газификации. Горение в среде газообразного окислителя чаще всего происходит в результате воспламенения летучих продуктов пиролиза. Превращение твердого горючего вещества в продукты горения не сосредоточено только в зоне пламени.

Горение твердых веществ имеет многостадийный характер. Под воздействием внешнего тепла происходит нагрев твердой фазы, сопровождающийся разложением и выделением газообразных продуктов. Затем эти продукты воспламеняются и сгорают. Тепло от образовавшегося факела воздействует на поверхность твердого вещества, вызывая поступление в зону горения новых порций горючих газов.

Модель горения твердого вещества предполагает наличие следующих зон: зона прогрева конденсированной фазы, зона пиролиза, в которой образуются газообразные горючие вещества, предпламенная (в которой происходит образование горючей смеси), зона пламени (в которой происходит превращение продуктов пиролиза в газообразные продукты горения), зона продуктов горения.

По мере уменьшения концентрации кислорода горение замедляется. Большинство веществ прекращают горение при снижении концентрации кислорода в воздухе до 12–14 %, а тление – при 7–8 % [35].

13.1.1 Пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов

Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяются с целью:

- получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности;
- выполнения строительных норм и правил, правил устройства электроустановок;
- классификации опасных грузов;
- выбора категории помещений в соответствии с требованиями норм технологического проектирования;

- технического надзора за изготовлением материалов и изделий;
- выполнения других противопожарных мероприятий.

Показатели устанавливаются и определяются в зависимости от агрегатного состояния вещества (газообразное, жидкое, твердое, диспергированное твердое состояние – пыль) и условий его применения.

При определении пожаровзрывоопасности веществ и материалов различают следующие *агрегатные состояния*:

- *газы* – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа;
- *жидкости* – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25 °С и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа;
- *твердые вещества и материалы* – индивидуальные вещества и их смеси с температурой плавления или каплепадения более 50 °С, а также вещества, не имеющие температуры плавления (например, древесина, ткани и др.);
- *пыли* – диспергированные твердые вещества и материалы с размерами частиц менее 850 мкм.

К *легковоспламеняющимся жидкостям* относятся жидкости с температурой вспышки в закрытом тигле не более 61 °С и в открытом тигле не более 66 °С, а также зафлегматизированные смеси, не имеющие вспышки в закрытом тигле. Особо опасными являются легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки менее 28 °С.

Температура, при которой вещество воспламеняется и начинает гореть, называется *температурой воспламенения*. Эта температура неодинакова у различных веществ и зависит от природы вещества, атмосферного давления, концентрации кислорода и других факторов.

Температура воспламенения – это наименьшая температура, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение. *Воспламенение* – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Температуру воспламенения следует учитывать при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Ее также необходимо включать в стандарты и технические условия на жидкости.

Температура вспышки – это наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивого горения при этом не наступает. Вспышка – быстрое сгорание газо-, паровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, сопровождающееся кратковременным видимым свечением.

Показатель температуры вспышки применяется в тех же случаях, что и показатель группы горючести.

Температура самовоспламенения – это такая наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества или материала, т. е. резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождаемых пламенным горением с возможным взрывом.

Показатель температуры самовоспламенения следует учитывать при определении группы взрывоопасности смеси (ГОСТ 12.1.011) для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов, а также необходимо включать в стандарты и технические условия на вещества и материалы.

Концентрационные пределы воспламенения. *Нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения* – это минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Показатель концентрационных пределов воспламенения применяется при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей, а также при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

Самовозгорание – процесс самонагрева и последующего горения некоторых веществ без воздействия открытого источника зажигания.

Химическое самовозгорание является результатом взаимодействия веществ с кислородом воздуха, воды или между самими веществами. К самовозгоранию предрасположены растительные масла, животные жиры и пропитанные ими тряпки, ветошь, вата. Разогрев этих веществ происходит за счет реакции окисления и полимеризации, которые могут начаться при обычных температурах (10–30 °С). Ацетилен, водород, метан в смеси с хлором самовозгораются на дневном свету; сжатый кислород вызывает самовозгорание минеральных масел; азотная кислота – деревянной стружки, соломы, хлопка.

К *микробиологическому самовозгоранию* склонны многие продукты растениеводства – увлажненное зерно, сено, опилки, торф, некоторые виды каменного угля и др., в которых при определенной влажности и температуре интенсифицируется жизнедеятельность микроорганизмов и образуется паутинистый гней (гриб). Это вызывает повышение температуры веществ до критических величин, после которых происходит самоускорение экзотермических реакций.

Тепловое самовозгорание происходит при первоначальном внешнем нагреве вещества до определенной температуры. Полувывсыхающие растительные масла (подсолнечное, хлопковое и др.), скипидарные лаки и краски могут самовозгораться при температуре 80–100 °С, древесные опилки, линолеум – при 100 °С. Чем ниже температура самовозгорания, тем более пожароопасным является вещество [34].

13.1.2 Способы тушения пожара

Тушение пожара представляет собой процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для его ликвидации. Тушение пожара

сводится к активному механическому, физическому или химическому воздействию на зону горения для нарушения ее устойчивости одним из принятых средств.

Важным компонентом эффективного пожаротушения является правильный выбор способов и средств пожаротушения. Выбор средств пожаротушения зависит от технологии производства и физико-химических свойств применяемого сырья, полупродуктов и продуктов; от условий, исключающих появление вредных побочных явлений при взаимодействии огнетушащего средства с горящим веществом (например, взрывов, образования токсических газов и др.), а также от условий протекания процесса горения и технических возможностей, используемых для тушения пожара.

При тушении пожаров широкое применение находят такие вещества, как вода, ее пары, а также другие жидкости, газы, порошки некоторых веществ, обладающих наиболее эффективным огнетушащим действием.

Огнетушащее вещество – это вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения. Огнетушащие вещества могут быть в твердом, жидком или газообразном состоянии.

При выборе вещества для пожаротушения необходимо учитывать его совместимость с горящим материалом, т. е. исключить возможность возникновения взрыва, выделений ядовитых, коррозионно-активных и других веществ в зоне пожара.

Системы наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, установки пожарной автоматики и другие технические средства противопожарной защиты должны эксплуатироваться в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности Республики Беларусь при эксплуатации технических средств противопожарной защиты» и других действующих нормативно-технических документов.

Вид и характер выполнения действий (в определенной последовательности), направленных на создание условий прекращения горения, называют *способом тушения пожара*.

В зависимости от механизма прекращения горения способы тушения пожаров подразделяются на четыре группы:

- *способ охлаждения* (сплошными струями воды, распыленными струями воды, перемешиванием горючих веществ);
- *способ изоляции* (слоем пены, слоем огнетушащего порошка, огнезащитными полосами, созданием разрыва в горючем веществе, слоем продукта взрыва взрывчатых веществ);
- *способ разбавления* (горючих жидкостей водой, негорючими парами и газами, газовойдынными струями, струями тонкораспыленной воды);
- *способ химического торможения реакции* (огнетушащим порошком, галоидоуглеводородами).

На случай возникновения пожара здания, сооружения и помещения должны быть обеспечены *первичными средствами пожаротушения*, к которым относятся:

- огнетушители;
- ящики с песком;

- емкости с водой;
- кошма;
- пожарные краны внутреннего водоснабжения и др.

Огнетушители. Согласно действующим нормам огнетушители делятся на *переносные* (массой до 20 кг), *передвижные* (массой не менее 20, но не более 400 кг) и *стационарные*.

По виду огнетушащих веществ огнетушители подразделяются:

- на *пенные* (химические пенные ОХП, воздушно-пенные ОВП);
- *порошковые* (огнетушащие порошковые составы на основе двууглекислой соды (бикарбонат натрия) ОП);
- *газовые* (в т. ч. углекислотные (углекислота – CO₂) ОУ);
- *жидкостные* (водные растворы с добавлением химических или поверхностно-активных веществ (ПАВ)).

По назначению, в зависимости от вида заряженного огнетушащего вещества, огнетушители подразделяют для тушения пожаров:

- твердых горючих веществ (класс пожара А);
- жидких горючих веществ (класс пожара В);
- газообразных горючих веществ (класс пожара С);
- металлов и металлосодержащих веществ (класс пожара D);
- электроустановок, находящихся под напряжением (класс пожара Е).

Не рекомендуется использовать порошковые огнетушители для ликвидации загораний оборудования, которое может выйти из строя при попадании порошка (электронно-вычислительные машины, электронное оборудование, электрические машины коллекторного типа).

Воздушно-пенные огнетушители не допускается применять для тушения пожаров оборудования, находящегося под электрическим напряжением, для тушения сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, вступающих с водой в химическую реакцию, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и разбрызгиванием горючего.

Системы пожарной и охранно-пожарной сигнализации предназначены для автоматического обнаружения возникающих пожаров и загораний и информирования об этом дежурного персонала соответствующими световыми и звуковыми сигналами.

Системы пожарной сигнализации классифицируют по следующим признакам:

- *типу пожарного извещателя* (тепловые, дымовые, световые, ультразвуковые, оптико-электронные (фотоэлектрические), радиолучевые, фотолучевые, пневматические, комбинированные);
- *принципу действия* (непрерывного действия и дискретного действия);
- *конструктивному исполнению* (выполненные на контактных и бесконтактных элементах);
- *виду канала связи* (специальные проводные каналы, проводные каналы городской телефонной станции, радиоканалы);

– способу передачи (кодирования) сообщений по каналам связи (многопроводные с электрическим разделением сигнала, однопроводные с временным разделением сигналов, однопроводные с частотным разделением сигналов);

– структуре линий связи (с однофидерными линиями, радиально-лучевыми линиями, комбинированными линиями).

Установки пожаротушения (УП) и системы пожарной сигнализации (СПС) следует проектировать с учетом строительных и технологических особенностей защищаемых объектов, возможностей и условий применения огнетушащих веществ, с учетом характера технологического процесса и технико-экономических показателей.

Системы пожарной сигнализации могут использоваться для формирования командного импульса на запуск автоматических установок пожаротушения, дымоудаления и оповещения о пожаре, а также управления технологическим, электротехническим и другим оборудованием.

При всем многообразии конструктивных особенностей каждая из установок содержит следующие *основные элементы*:

– пожарные извещатели (ПИ);

– линейную часть;

– пожарные приемно-контрольные приборы (ППКП).

Сигналы о срабатывании и неисправности установок пожарной автоматики необходимо выводить на *пункт диспетчеризации пожарной автоматики Министерства по чрезвычайным ситуациям*, если иное не установлено нормативно-техническими документами по проектированию зданий различного функционального назначения.

Не подлежат обязательной защите системами пожарной сигнализации и установками пожаротушения помещения:

– с мокрыми процессами (санитарно-гигиенические, охлаждаемые камеры, помещения мойки, бассейны и подобные им помещения);

– категорий В4, Г1 – Г2 и Д, за исключением случаев, оговоренных в действующих нормативных документах;

– вентиляционных камер (кроме вентиляционных камер, обслуживающих производственные помещения категорий А и Б);

– насосных водоснабжения, бойлерных и других технических помещений для размещения инженерного оборудования при отсутствии в них горючих материалов;

– лестничных клеток (за исключением ручных пожарных извещателей);

– чердаков, тепловых тамбуров входов в здания.

Правилами пожарной безопасности рекомендуется оснащать пожароопасные помещения предприятий и организаций огнетушителями в соответствии с установленными нормами. Наиболее эффективны огнетушители вместимостью (весом) огнетушащего вещества не менее 5 л (5 кг).

Противопожарная защита – комплекс организационных мероприятий, технических средств и сил, направленных на предотвращение возникновения, развития и обеспечение тушения пожара, а также защиту людей и материальных ценностей от воздействия его опасных факторов.

Пожарная безопасность объекта – состояние объекта, при котором с регламентирующей вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара, а также обеспечивается защита людей и материальных ценностей от воздействия его опасных факторов.

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Система пожарной безопасности должна характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять следующие задачи:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей.

Статистика пожаров на объектах Республики Беларусь свидетельствует о том, что в среднем в нашей стране ежегодно происходит около *11 000 пожаров*, на которых погибает *1000 и более человек*.

Основными причинами возникновения пожаров являются:

- неосторожное обращение с огнем – 40 %;
- нарушение правил эксплуатации электрооборудования – 18 %;
- нарушение правил устройства и эксплуатации печного отопления, теплогенерирующих устройств и агрегатов – 19 %;
- детская шалость с огнем – 6 %;
- поджоги – 10 % и др. (7 %).

Исключение возникновения пожара, а также обеспечение пожарной безопасности людей и материальных ценностей достигается соблюдением всеми физическими и юридическими лицами положений государственной системы обеспечения пожарной безопасности Республики Беларусь.

На каждом предприятии правилами, инструкциями, приказами, распоряжениями должен быть установлен соответствующий *противопожарный режим*:

- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования по окончании рабочего дня и в случае пожара;
- регламентированы: порядок временных огневых и других пожароопасных работ; порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы; действия работников при обнаружении пожара;
- определены порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и пожарно-технического минимума, а также назначены лица, ответственные за их проведение;
- определены и оборудованы места для курения.

Работники предприятий обязаны:

– знать и выполнять на производстве требования пожарной безопасности, а также соблюдать и поддерживать противопожарный режим;

– выполнять меры предосторожности при проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, другими пожароопасными материалами и оборудованием;

– знать характеристики пожарной опасности применяемых или производимых (получаемых) веществ и материалов;

– в случае обнаружения пожара сообщать о нем в пожарную службу и принимать возможные меры к спасению людей, имущества и ликвидации пожара.

Руководители предприятий, на которых применяются, перерабатываются и хранятся взрывчатые, сильнодействующие ядовитые и радиоактивные вещества, обязаны сообщать подразделениям пожарной службы данные о них, необходимые для обеспечения безопасности личного состава, привлекаемого для тушения пожара на этих предприятиях.

В производственных, административных и складских помещениях у телефонных аппаратов должны быть вывешены *таблички с указанием номера телефона пожарной аварийно-спасательной службы.*

Применение и хранение на предприятиях веществ и материалов неизвестного состава и с неизученными пожаровзрывоопасными свойствами запрещается [36].

13.2 Электробезопасность

Электрическая энергия является одним из наиболее удобных и экономически выгодных видов энергоресурсов. Она одинаково широко используется как на производстве, так и в быту.

Для производства, передачи и распределения электроэнергии между потребителями в Республике Беларусь сооружены и эксплуатируются тепловые электрические станции мощностью до 2,4 млн кВт, электрические сети напряжением от 0,4 до 750 кВ и сотни тысяч электроустановок.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) *электроустановками* называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

По требованиям обеспечения надежности электроснабжения *электроприемники* делятся на три категории:

I – электроприемники, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров;

II – электроприемники, перерыв питания которых приводит к резкому снижению выпуска продукции, длительным простоям технологического оборудования;

III – все остальные потребители, не относящиеся к категориям I и II.

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело практически всем работающим на производстве, представляют потенциальную опасность. Она заключается в том, что токоведущие проводники (или корпуса машин, оказавшиеся под напряжением в результате повреждения изоляции) не подают сигналов опасности, на которые реагирует человек. Реакция человека на электрический ток возникает лишь после его прохождения через ткани.

При эксплуатации электроустановок, технологического оборудования с электроприводом, электробытовых приборов человек подвергается не только опасному воздействию электрического тока, но и вредному влиянию электромагнитных полей.

Статистика электротравматизма показывает, что до 85 % смертельных поражений людей электрическим током происходит в результате прикосновения пострадавшего непосредственно к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Основными причинами электротравм на производстве являются неудовлетворительная организация работ на электроустановках, незнание и невыполнение руководителями работ и потерпевшими требований электробезопасности, неиспользование работающими средств индивидуальной защиты, несоответствие электроустановок установленным требованиям правил и норм [39].

13.2.1 Действие электрического тока на организм человека

Проходя через организм, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое воздействие.

Термическое действие тока вызывает ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

Электролитическое действие тока выражается в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Многообразие воздействия электрического тока выражается в получении двух видов поражения – электрической травмы и электрического удара.

Электрическая травма (далее – электротравма) представляет собой четко выраженное местное повреждение тканей организма в результате воздействия электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, однако при тяжелых ожогах исход поражения может быть смертельным.

Различают несколько видов электротравм.

1. *Электрический ожог* является самой распространенной электротравмой, может быть токовым (или контактными) и дуговым.

2. *Токовый ожог* обусловлен прохождением тока через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Тяжесть поражения организма обуславливается не столько степенью ожога, сколько площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжении не выше 1-2 кВ и в большинстве случаев им присваивают I и II степени. Встречаются и тяжелые формы токовых ожогов.

3. *Дуговой ожог* является следствием образования электрической дуги между токоведущей частью и телом человека, которая и причиняет ожог. Дуга имеет температуру выше 3500 °С и обладает весьма значительной энергией. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые, имеют III или IV степени.

Электрические знаки – это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета, образующиеся на коже человека в результате действия тока. Знаки могут быть и в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний и мозолей. Как правило, электрические знаки безболезненны, и лечение их заканчивается благополучно.

4. *Электрометаллизация кожи* – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротком замыкании, отключении рубильника, находящегося под нагрузкой, и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

5. *Электроофтальмия* – это поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла. Защита глаз от брызг расплавленного металла достигается ношением защитных очков, не пропускающих ультрафиолетовые лучи.

6. *Механические повреждения* возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы и переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока. Механические повреждения являются, как правило, серьезными травмами, требующими длительного лечения.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на четыре степени:

I – судорожное сокращение мышц;

II – судорожное сокращение мышц, потеря сознания;

III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого одновременно);

IV – клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти в результате поражения электрическим током могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок.

Прекращение работы сердца как следствие воздействия тока на мышцу сердца наиболее опасно. Это воздействие может быть прямым, когда ток протекает через область сердца, и рефлекторным, когда ток проходит через центральную нервную систему. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его фибрилляция (беспорядочное сокращение мышечных волокон сердца – фибрилл), что приводит к остановке кровообращения.

Прекращение дыхания может быть вызвано прямым или рефлекторным воздействием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания.

При длительном действии тока у человека наступает так называемая асфиксия (удушье) – болезненное состояние в результате недостатка кислорода и избытка диоксида углерода в организме. При асфиксии последовательно утрачиваются сознание, чувствительность, рефлексы, затем прекращается дыхание и, наконец, останавливается сердце – наступает клиническая смерть.

Электрический шок – своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить либо полное выздоровление, как результат своевременного лечебного вмешательства, или гибель организма из-за полного угасания жизненно важных функций.

13.2.2 Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока определяются электрическим сопротивлением тела человека, напряжением тока и продолжительностью воздействия электрического тока. Они также зависят от пути прохождения тока через тело человека, рода и частоты электрического тока, а также от условий внешней среды и индивидуальных особенностей человека.

Электрическое сопротивление тела человека. Тело человека является проводником электрического тока, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому общее сопротивление тела человека определяется главным образом величиной сопротивления кожи. Кожа состоит из двух основных слоев: наружного (*эпидермиса*) и внутреннего (*дермы*). Наружный слой, в свою очередь, имеет несколько слоев, верхний из которых называется роговым.

Роговой слой в сухом незагрязненном состоянии можно рассматривать как диэлектрик. Его удельное объемное сопротивление достигает $10^5 - 10^6$ Ом м, в тысячи раз превышая сопротивление других слоев кожи (дермы) и внутренних тканей организма. Сопротивление тела человека при сухой чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15–20 В) колеблется в пределах от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300–500 Ом.

Для проведения расчетов величину сопротивления тела человека принимают равной 1000 Ом. В действительности сопротивление тела человека не является постоянным и зависит от состояния кожи, окружающей среды, параметров электрической цепи и т. д. Повреждения рогового слоя (порезы, царапины, ссадины) снижают

сопротивление тела до 500–700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током. Такое же влияние оказывает увлажнение кожи водой или потом. Соответственно, работа с электроустановками в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре усугубляет опасность поражения человека током.

Загрязнение кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, окалина), тоже приводит к снижению ее сопротивления.

На сопротивление тела человека электрическому току оказывают влияние и площадь контакта, и место касания, поскольку сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, ладоней и рук, особенно на стороне, обращенной к туловищу (подмышечных впадинах и др.). Кожа тыльной стороны кисти и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела. При увеличении тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, потому что вследствие местного нагрева кожи расширяются сосуды, усиливаются кровоснабжение этого участка и потовыделение.

Сила тока и напряжение. Основным фактором, определяющим исход поражения человека электрическим током, является сила тока, проходящего через его тело (таблица 13.4.1).

Таблица 13.4.1. – Пороговые значения различных видов тока

Вид электрического тока, протекающего через тело человека*	Сила тока, мА	
	Переменный ток	Постоянный ток
Ощутимый (вызывает ощутимые раздражения)	0,6–1,5	5–7
Неотпускающий (вызывает непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник)	10–15	50–60
Фибрилляционный (вызывает фибрилляцию сердца)	100	300

Примечание. Мгновенная остановка сердца наступает при силе тока, равной 5 А.

Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, поскольку оно определяет значение силы проходящего тока. Рост напряжения приводит к пробое рогового слоя кожи, сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300–500 Ом), соответственно увеличивается сила тока.

Особенности воздействия электрического тока на организм человека приведены в таблице 13.4.2.

Таблица 13.4.2. – Особенности воздействия электрического тока на организм человека

Сила тока, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток 50 Гц	Постоянный ток
1	2	3
0,6–1,5	Начало ощущения – слабый зуд, пощипывание кожи под электродами	Не ощущается
2,0–4,0	Ощущение тока распространяется на запястье руки, слегка сводит руку	Не ощущается

Окончание таблицы 13.4.2

1	2	3
5,0–0,7	Болевые ощущения усиливаются во всей кисти, сопровождаясь судорогами; слабые боли ощущаются во всей руке, вплоть до предплечья	Первые ощущения. Впечатление нагрева кожи под электродом
8,0–10	Сильные боли и судороги во всей руке, включая предплечье. Руки еще можно оторвать от электродов	Усиление ощущения нагрева
10–15	Едва переносимые боли во всей руке. Руки невозможно оторвать от электродов. С увеличением продолжительности протекания тока боли усиливаются	Еще большее усиление ощущения нагрева как под электродами, так и в прилегающих областях кожи
20–25	Руки парализуются мгновенно, оторваться от электродов невозможно. Сильные боли, дыхание затруднено	Еще большее усиление ощущения нагрева кожи, возникновение ощущения внутреннего нагрева. Незначительные сокращения мышц рук
25–50	Очень сильная боль в руках и груди. Дыхание затруднено. При длительном токе может наступить паралич дыхания или ослабление деятельности сердца с потерей сознания	Ощущение сильного нагрева, боли в судорогах. При отрыве рук от электродов возникают едва переносимые боли в результате судорожного сокращения мышц
50–80	Дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца	Ощущения очень сильного поверхностного и внутреннего нагрева, сильные боли во всей руке и в области груди. Затруднение дыхания. Руки невозможно оторвать от электродов из-за сильных болей при нарушении контакта
100	Фибрилляция сердца через 2-3 с; еще через несколько секунд – паралич дыхания	Паралич дыхания при длительном протекании тока
300	То же действие за меньшее время	Фибрилляция сердца через 2-3 с; еще через несколько секунд – паралич дыхания
Более 5000	Дыхание парализуется немедленно – через доли секунд. Фибрилляция сердца, как правило, не наступает; возможна временная остановка сердца в период протекания тока, При длительном протекании тока (несколько секунд) тяжелые ожоги, разрушение тканей	

Род и частота электрического тока. Постоянный ток примерно в 4–5 раз безопаснее переменного, что видно из сопоставления пороговых значений ошущимого и неотпускающего постоянного и переменного токов. Но это справедливо лишь до напряжений 250–300 В. При более высоких значениях напряжения постоянный ток становится более опасным, чем переменный (с частотой 50 Гц).

При воздействии на тело человека переменного тока важное значение имеет его частота. С увеличением частоты тока полное сопротивление тела уменьшается и при 10–20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает устойчивость к электрическому току, что также приводит к увеличению тока, проходящего через тело человека, следовательно, повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 1000 Гц. При дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и при частотах 45–50 кГц полностью исчезает. Эти токи опасны лишь с точки зрения ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1–2 кГц.

Продолжительность воздействия электрического тока. Длительное воздействие электрического тока приводит к тяжелым, а иногда смертельным поражениям человека. *Безопасным считается длительное воздействие тока силой 1 мА, при продолжительности действия до 30 с безопасен ток 6 мА.*

Практически допустимыми с достаточно малой вероятностью поражения приняты следующие значения силы тока (таблица 13.4.3).

Таблица 13.4.3. – Допустимые значения силы тока в зависимости от длительности воздействия

Длительность воздействия, с	Сила тока, мА
1,0	50
0,7	70
0,5	100
0,2	250

Путь прохождения тока через тело человека играет самую существенную роль в исходе поражения, так как он может пройти через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг и т. д.

Возможных путей прохождения тока через тело человека, которые называются также *петлями тока*, достаточно много. Они показаны на рисунке 13.4.1.

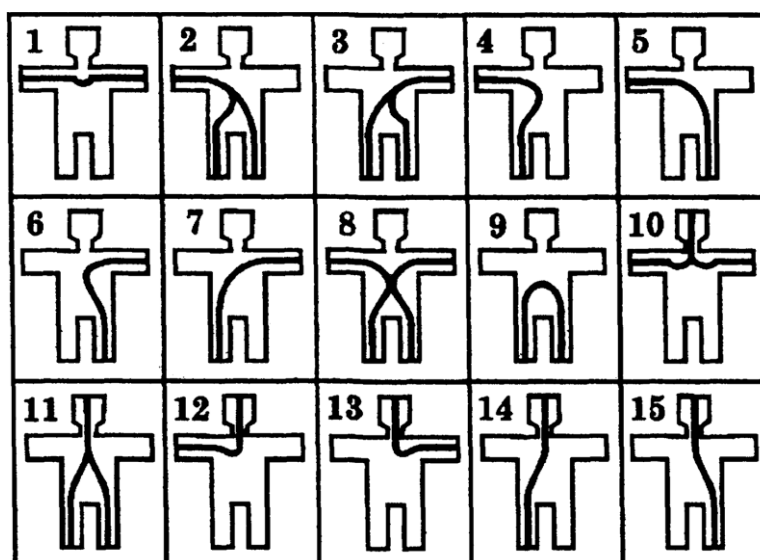


Рисунок 13.4.1. – Характерные пути тока в теле человека

Наиболее часто встречающиеся петли тока «рука – рука», «рука – ноги», «нога – нога» представлены в таблице 13.3.4.

Таблица 13.4.4. – Характеристика петель тока в теле человека

Петля тока	Частота возникновения, %	Доля теряющих сознание, %
Рука – рука	40	83
Правая рука – ноги	20	87
Левая рука – ноги	17	80
Нога – нога	6	15
Голова – ноги	5	88
Голова – руки	4	92
Прочие	8	65

Наиболее опасны петли тока, которые затрагивают область сердца, т. е. «голова – руки» и «голова – ноги», но они возникают относительно редко.

Индивидуальные свойства человека. Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары. Повышенной восприимчивостью к электрическому току обладают лица, страдающие болезнями кожи, имеющие заболевания сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервные заболевания и др.

Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок предусматривается отбор персонала для обслуживания действующих электроустановок по состоянию здоровья людей. С этой целью проводится медицинское освидетельствование лиц при поступлении их на работу и периодически (один раз в два года) с учетом перечня болезней и расстройств, являющихся противопоказанием к обслуживанию действующих электроустановок.

Условия внешней среды. Состояние воздушной среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током. Влага, токопроводящая пыль, наличие едких паров и газов, высокая температура воздуха разрушающе действуют на изоляцию электроустановок, снижают электрическое сопротивление тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения током.

Воздействие тока на человека усугубляется наличием токопроводящих полов и близко расположенных к электрооборудованию металлических конструкций, имеющих связь с землей, так как при одновременном касании предмета и корпуса электрооборудования, случайно оказавшегося под напряжением, через человека пройдет ток большой силы.

По степени опасности поражения людей электрическим током все помещения подразделяются на четыре класса:

– 1-й класс – помещения без повышенной опасности: характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность;

– 2-й класс – помещения с повышенной опасностью: характеризуются наличием одного из следующих условий:

а) сырости (когда относительная влажность воздуха длительное время превышает 75 %);

б) токопроводящей пыли;

в) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.);

- г) высокой температуры (выше 35 °С);
- д) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим со-единение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппара-там, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам элек-трооборудования – с другой;
- 3-й класс – особо опасные помещения: характеризуются наличием одного из нижеперечисленных условий, создающих особую опасность:
 - а) особой сырости (при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, когда потолок, стены, пол, предметы, находящиеся в помеще-нии, покрыты влагой);
 - б) химически активной или органической среды, разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования;
 - в) одновременно двух или более условий повышенной опасности;
- 4-й класс – территории размещения наружных электроустановок: по сте-пени опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

В химической промышленности многие производственные помещения являются особо опасными.

В зависимости от климатической среды помещения подразделяются:

- на сухие (нормальные) с влажностью до 60 %;
- влажные (60–75 %);
- сырые (более 75 %);
- особо сырые (с влажностью, близкой к 100 %);
- жаркие (при постоянной температуре выше 35 °С);
- пыльные;
- помещения с химически активной или органической средой.

Чтобы обеспечить необходимую степень безопасности людей при обслужи-вании электрооборудования, следует выбирать его с учетом состояния окружа-ющей среды и класса помещения по опасности поражения током.

Для защиты электрооборудования от воздействия химически активной среды необходимо, чтобы оно соответствовало условиям эксплуатации. Материал, из ко-торого выполнено электрооборудование, должен быть коррозионно-стойким, ме-таллические части должны быть надежно защищены лакокрасочным или гальва-ническим покрытием.

Соответствующие *требования предъявляются и к электропроводке*. Так, например, электрооборудование, установленное в сырых, особо сырых и пыльных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой, должно быть закрыто и иметь соответствующее исполнение: капле-, брызгозащищенное, пыле-непроницаемое, продуваемое.

Электрооборудование и электрические сети, размещаемые в помещениях с химически активной средой, а также места их прокладки следует выбирать с уче-том исполнения и покрытия, обеспечивающего их защиту от воздействия агрес-сивной среды.

Во взрывоопасных зонах всех классов с химически активными средами при-меняют провода и кабели с поливинилхлоридной изоляцией, а также провода

с резиновой и кабели с резиновой и бумажной изоляцией в свинцовой или поливинилхлоридной оболочке. Использование проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией в любых оболочках и покрытиях не допускается.

В зависимости от класса помещений по степени опасности поражения электрическим током устанавливается величина безопасного напряжения, при котором не требуется специальных мер защиты. Для помещений с повышенной опасностью $U = 36$ В, в особо опасных помещениях $U = 12$ В, для помещений без повышенной опасности $U = 220$ В. Эти величины напряжений учитываются при устройстве местного освещения, работе с ручным электроинструментом и т. п. [40].

13.2.3 Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током

Первую медицинскую помощь пораженному током человеку должен уметь оказывать каждый работающий с электроустановками.

Первая помощь в случае поражения человека электрическим током состоит из двух этапов:

- освобождение пострадавшего от действия тока;
- оказание ему первой медицинской помощи.

Необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит исход электротравмы.

Прикосновение к токоведущим частям вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц и общее возбуждение, которое может привести к нарушению и даже полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения.

Если пострадавший удерживает провод руками, его пальцы так сильно сжимаются, что высвободить провод из его рук становится невозможным. Поэтому первым действием оказывающего помощь должно быть немедленное отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем удаления предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения.

Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение от тока может вызывать его падение. В этом случае необходимо принять меры, предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающие его безопасность.

При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим *при отсутствии дневного освещения* необходимо позаботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т. п.) с учетом взрыво- и пожароопасности помещения, не задерживая отключения электроустановки и оказания помощи пострадавшему.

Если отключить установку достаточно быстро нельзя, нужно принять иные меры к освобождению пострадавшего от действия тока. Во всех случаях оказывающий помощь не должен прикасаться к пострадавшему без надлежащих мер

предосторожности. Он обязан следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением шага.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода напряжением до 1000 В следует воспользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно также оттянуть его за одежду (если она сухая и отстает от тела), например за полы пиджака или пальто, за воротник, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытым одеждой.

Оттаскивая пострадавшего за ноги, оказывающий помощь не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук. Обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводником электрического тока.

Для изоляции рук оказывающий помощь, особенно если ему необходимо коснуться тела пострадавшего, не прикрытого одеждой, должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, надеть на нее суконную фуражку, натянуть на руку рукав пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего резиновый коврик, прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или какую-либо не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т. п.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной.

Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, и он судорожно сжимает в руке один токоведущий элемент (например, провод), проще прервать ток, отделив пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску, либо оттянуть ноги от земли веревкой, либо оттащить за одежду), соблюдая при этом указанные выше меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему. Можно также перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить его инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т. п.). Перерубать или перекусывать провода необходимо пофазно, т. е. каждый провод в отдельности, при этом рекомендуется, по возможности, стоять на сухих досках, деревянной лестнице и т. п. Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение. При этом надо помнить об опасности напряжения шага, если токоведущая часть (провод и т. п.) лежит на земле. На линиях электропередачи, когда нельзя быстро отключить их от пунктов питания, для освобождения пострадавшего, если он касается проводов, следует произвести замыкание проводов накоротко, набросив на них гибкий неизолированный провод. Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания.

Перед тем как произвести *наброс*, один конец провода надо заземлить (присоединить его к телу металлической опоры, заземляющему спуску и др.). Для удобства наброса на свободный конец проводника желательно прикрепить

груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего. Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

Способы оказания первой помощи. После освобождения от действия тока пострадавшего необходимо вынести из опасной зоны и оценить его состояние. *Признаки, по которым можно быстро определить состояние пострадавшего, следующие:*

- сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен, возбужден);
- цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные;
- дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее);
- пульс на сонных артериях: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует;
- зрачки: узкие, широкие.

При определенных навыках, владея собой, оказывающий помощь в течение минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов.

Об утрате сознания, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему, спросив о его самочувствии.

Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких.

Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы – черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую площадь радужки они занимают.

Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания можно оценивать одновременно с прощупыванием пульса, что занимает не более минуты. Осмотр зрачков удается провести за несколько секунд.

Если у пострадавшего отсутствуют сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (0,5 см в диаметре), можно считать, что он находится в состоянии клинической смерти. В этом случае нужно немедленно приступать к оживлению организма (реанимации) с помощью искусственного дыхания по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» и наружного массажа сердца. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды. Приступив

к оживлению, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, а кто-то другой.

Искусственное дыхание также необходимо проводить, если пострадавший дышит очень редко и судорожно и у него прощупывается пульс. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении.

Для проведения искусственного дыхания желательно уложить пострадавшего на спину, расстегнуть стесняющую дыхание одежду. Необходимо обеспечить проходимость верхних дыхательных путей, которые в положении на спине при бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком. Кроме того, в полости рта может находиться инородное содержимое (рвотные массы, песок, ил, трава, если человек тонул, и т. п.), которые нужно удалить пальцем, обернутым платком (тканью) или бинтом. После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под его шею, а ладонью другой руки надавливает на лоб пострадавшему, максимально запрокидывая голову. Корень языка пострадавшего поднимается и освобождает вход в гортань, а рот открывается. Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох открытым ртом, полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки.

Необходимо обязательно наблюдать за грудной клеткой пострадавшего. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают, оказывающий помощь поворачивает лицо в сторону, происходит пассивный выдох у пострадавшего. Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и он нуждается только в искусственном дыхании, то интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с (12 дыхательных циклов в минуту). Кроме расширения грудной клетки хорошим показателем эффективности искусственного дыхания может служить порозовение кожных покровов и слизистых, а также выход больного из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания. Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

При остановке сердца, не теряя ни секунды, пострадавшего необходимо уложить на ровное жесткое основание (скамью, пол, в крайнем случае, подложить под спину доску).

Если помощь оказывает один человек, то он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос», затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладет на нижнюю половину грудины (отступив на два пальца от ее нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса. Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах. Надавливание следует производить быстрыми толчками так, чтобы смещать грудину на 4–5 см, продолжительность надавливания должна быть не более 0,5 с, а интервал между отдельными надавливаниями – 0,5 с.

В паузах руки с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах. Если оживление проводит один человек, то на каждые два вдохания он проводит 15 надавливаний на грудину. При участии в реанимации двух человек соотношение «дыхание – массаж» составляет 1 : 5. Во время искусственного вдоха пострадавшего выполняющий массаж сердца надавливание не производит, так как усилия, развиваемые при надавливании, значительно больше, чем при вдувании воздуха. После того как восстановится сердечная деятельность и будет хорошо определяться пульс, массаж сердца немедленно прекращают, продолжая искусственное дыхание при слабом дыхании пострадавшего и стараясь, чтобы естественный и искусственный вдохи совпали. При неэффективности реанимационных мероприятий (кожные покровы синюшно-фиолетовые, зрачки широкие, пульс на артериях во время массажа не определяется) оживление прекращают через 30 мин.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку (например, из одежды); расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием. В случае нарушения дыхания из-за западания языка выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за ее углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты, необходимо повернуть его голову и плечи налево – для удаления рвотных масс.

Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т. п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно (например, на опоре).

В случае невозможности вызова врача на место происшествия необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе. Если состояние пострадавшего не позволяет его транспортировать, нужно продолжать оказывать ему помощь [18].

13.2.4 Средства защиты, применяемые в электроустановках

Согласно [ТКП 290-2010 «Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках»](#) электроразщитные средства делятся на основные и дополнительные:

– *основные электроразщитные средства* – средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

– *дополнительные электрозащитные средства* – средства защиты, которые применяются только совместно с основными электрозащитными средствами.

Классификация защитных средств в зависимости от напряжения электроустановки приведена в таблице 13.4.5.

Таблица 13.3.5. – Классификация защитных средств в зависимости от напряжения электроустановки

Основные	Дополнительные
<p>Электроизолирующие штанги всех типов. Электроизолирующие и электроизмерительные клещи. Указатели напряжения. Устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках. Электроизолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках (полимерные изоляторы, изолирующие лестницы, накладки)</p>	<p>Электроизолирующие перчатки и боты. Электроизолирующие ковры и подставки. Электроизолирующие колпаки и накладки. Штанги для переноса и выравнивания потенциала. Сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные. Лестницы приставные, стремянки электроизолирующие стеклопластиковые. Заземления переносные. Заземления переносные набрасываемые. Плакаты и знаки безопасности. Оградительные устройства</p>
<p>Электроизолирующие штанги всех типов. Электроизолирующие и электроизмерительные клещи. Указатели напряжения. Электроизолирующие перчатки. Ручной электроизолированный инструмент. Электроизолирующие средства и приспособления для проведения работ под напряжением на ВЛ 0,4 кВ</p>	<p>Электроизолирующие галоши. Электроизолирующие ковры и подставки. Электроизолирующие колпаки и накладки. Заземления переносные. Плакаты и знаки безопасности. Оградительные устройства. Лестницы приставные, стремянки электроизолирующие стеклопластиковые</p>

Кроме перечисленных средств защиты в электроустановках применяются средства индивидуальной защиты следующих классов: средства защиты головы; средства защиты глаз и лица; средства индивидуальной защиты органов дыхания; средства защиты органов слуха; средства защиты рук; средства защиты от падения с высоты; одежда специальная защитная; обувь специальная защитная.

Раздел 3

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ

Тема 14. Физическая природа источников радиационной опасности. Воздействие ионизирующих излучений на организм человека

14.1 Радиоактивность

Радиационный фон – это мера уровня ионизирующего излучения, присутствующего в окружающей среде в определённом месте, которое не связано с преднамеренным введением источников излучения.

Радиационный фон происходит от множества источников, как естественных, так и искусственных.

В общепринятом смысле *радиация* (от латинского radiatio – излучение) – это излучение, обладающее высокой энергией, способное причинить вред здоровью человека.

Вся наша планета, в том числе и вся живая природа, населяющая ее, постоянно подвергаются воздействию так называемого естественного (природного) и техногенного радиационного фона, что обусловлено явлением радиоактивности.

Установлено, что радиационный фон Земли формируется под воздействием трех основных компонентов: космического излучения; излучения рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах нашей среды природных радионуклидов; излучения искусственных (техногенных) радионуклидов.

Космическому внешнему облучению подвергается вся поверхность Земли. Космическая радиация складывается из частиц, захваченных магнитным полем Земли, галактического космического излучения и корпускулярного излучения Солнца. В его состав входят в основном α -частицы, протоны и электроны. Это так называемое первичное космическое излучение, которое, взаимодействуя с атмосферой Земли, порождает вторичное излучение. В результате на уровне моря излучение состоит почти полностью из мюонов (подавляющая часть) и нейтронов. Интенсивность космического излучения зависит от солнечной активности, географического положения объекта и возрастает с высотой над уровнем моря. Наиболее интенсивно оно на Северном и Южном полюсах, менее интенсивно в экваториальных областях. Причина этого – магнитное поле Земли, отклоняющее заряженные частицы космического излучения. Наибольший эффект ослабления действия космического внешнего облучения связан с зависимостью космического

излучения от высоты: чем толще слой воздуха, тем защитные свойства атмосферы выше. Поглощенная мощность дозы космического излучения в воздухе на уровне моря равна 32 нГр/ч и формируется в основном мюонами. Для нейтронов на уровне моря мощность поглощенной дозы составляет 0,8 нГр/ч. Люди, живущие на уровне моря, получают в среднем из-за космических лучей эффективную эквивалентную дозу (ЭЭД) около 300 мкЗв/год; для тех же, кто находится на высоте более 2000 м над уровнем моря, эта величина в несколько раз больше. На высоте 8 км мощность ЭЭД составляет 2 мкЗв/ч, что приводит к дополнительному облучению при авиационных перелетах. Коллективная эффективная доза от глобальных авиационных перевозок достигает 10^4 чел.-Зв, что составляет на душу населения в мире в среднем около 1 мкЗв за год. В целом за счет космического излучения большинство населения получает дозу около 350 мкЗв/год.

В результате ядерных реакций, происходящих в атмосфере (а частично и в литосфере) под влиянием космических лучей, могут образовываться космогенные радионуклиды.

Радон – это радиоактивный газ без запаха, цвета и вкуса. Радон образуется в процессе природного радиоактивного распада урана, который присутствует во всех горных породах и почвах. Радон может также присутствовать в воде.

Высвобождаясь из грунта в воздух, радон распадается с образованием радиоактивных частиц. Когда мы дышим, эти частицы осаждаются на клетках эпителия дыхательных путей, что чревато повреждением ДНК клеток и может привести к развитию рака легких.

Концентрация радона в атмосферном воздухе быстро падает до очень низкого уровня и, как правило, не представляет опасности. Средний уровень концентрации радона в атмосферном воздухе колеблется в диапазоне 5–15 Бк/м³. Однако внутри помещений, а также в плохо проветриваемых местах концентрация выше, причем наиболее высокие уровни концентрации наблюдаются в шахтах, пещерах и водоочистных сооружениях. В зданиях, например в жилых домах, школах и офисных помещениях, уровни концентрации радона могут сильно варьироваться – от 10 Бк/м³ до более 10 000 Бк/м³. Учитывая свойства радона, можно сделать вывод, что находящиеся в таких зданиях люди, возможно, сами того не зная, живут или работают в условиях очень высокой концентрации радона.

14.1.1 Неблагоприятное воздействие радона на здоровье

Радон является одной из основных причин развития рака легких. По оценкам, радон вызывает от 3 % до 14 % всех случаев рака легких в зависимости от среднего по стране уровня концентрации радона и распространенности курения.

Впервые повышенная заболеваемость раком легких была отмечена у шахтеров, работающих в урановых рудниках и подвергающихся воздействию радона в очень высоких концентрациях. Кроме того, исследования, проведенные в Европе, Северной Америке и Китае, подтвердили, что даже низкие концентрации радона, которые, например, часто регистрируются в жилых помещениях, также создают риски для здоровья и способствуют развитию рака легких у людей во всем мире.

Увеличение средней концентрации радона за длительный период времени на 100 Бк/м³ увеличивает примерно на 16 % риск развития рака легких. Считается,

что соотношение «доза – ответ» является линейным, то есть риск развития рака легких возрастает пропорционально увеличению воздействия радона.

По оценкам, вероятность развития рака легких в результате воздействия радона у курильщиков в 25 раз выше, чем у некурящих. На сегодняшний день не установлен риск развития других видов рака или других неблагоприятных последствий для здоровья. В то же время в результате вдыхания радона радиация может проникать в другие органы, но при этом ее уровень будет гораздо ниже, чем уровень радиации в легких.

14.1.2 Радиоактивность

Из более чем 3000 известных на настоящий момент изотопов менее 10 % (около 270) являются стабильными, а остальные – нет. Нестабильность атомного ядра проявляется в том, что оно самопроизвольно, т. е. без всяких внешних воздействий и в абсолютно непредсказуемый момент времени испускает одну либо несколько частиц и превращается в ядро другого химического элемента. Это явление было открыто в 1896 г. французским ученым А. Беккерелем и получило название радиоактивности.

Радиоактивность – процесс самопроизвольного превращения одних атомных ядер в другие, сопровождающийся испусканием одной или нескольких частиц.

Самопроизвольное превращение нестабильного ядра называют также радиоактивным распадом. Атомы и соответствующие элементы, подверженные таким превращениям, называют *радиоактивными* или *радионуклидами*.

Ядра, претерпевающие самопроизвольные превращения, называют материнскими, а ядра, образующиеся в процессе радиоактивного распада, – дочерними.

Различают *естественную* и *искусственную радиоактивность*. Естественная радиоактивность наблюдается у существующих в природе изотопов, а искусственная – у изотопов, полученных в результате ядерных реакций. Установлено, что радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (т. е. начиная с висмута), и многие более легкие элементы (протий и технеций не имеют стабильных изотопов, а у некоторых элементов, таких как индий, калий или кальций, часть природных изотопов стабильны, другие же радиоактивны).

При радиоактивном распаде вещество испытывает глубокие изменения, отличные от обычных химических превращений. Превращения претерпевают именно ядра атомов, поэтому испускаемые излучения называются ядерными. Э. Резерфорд экспериментально установил, что ядра испускают излучения трех типов. Эти излучения он обозначил буквами греческого алфавита α , β , γ в сторону увеличения их способности проходить через преграды. В дальнейшем было установлено, что α -частица – это ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$, β -частица – это электрон или позитрон, движущийся с околосветовой скоростью, а γ -излучение – электромагнитная волна с длиной волны менее 10^{-10} м. К числу радиоактивных процессов относятся: альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение ядер, спонтанное деление тяжелых ядер, протонная радиоактивность и др.

Радиоактивность – явление статистическое (случайное). Нельзя заранее предсказать, в какой момент времени распадется конкретное радиоактивное ядро.

Однако наблюдение очень большого числа одинаковых радиоактивных ядер показывает, что хотя нельзя указать, какие именно ядра испытают превращения за рассматриваемый промежуток времени, можно практически точно предсказать число ядер, которые распадутся за этот промежуток времени. Чем больше исходное число нестабильных ядер, тем точнее это вероятностное предсказание. Для описания подобных процессов используются вероятности тех или иных событий.

14.1.3 Виды радиоактивного распада

Ядра атомов устойчивы, но изменяют свое состояние при нарушении определенного соотношения протонов и нейтронов. В легких ядрах должно быть примерно поровну протонов и нейтронов. Если в ядре слишком много протонов или нейтронов, то такие ядра неустойчивы и претерпевают самопроизвольные радиоактивные превращения, в результате которых изменяется состав ядра и, следовательно, ядро атома одного элемента превращается в ядро атома другого элемента. При этом процессе испускаются ядерные излучения.

На основе излучения выделяют 3 основных типа радиоактивного распада: альфа-распад и бета-распад (электронный, позитронный и К-захват), внутренняя конверсия.

Альфа-распад. *Альфа-распад* – это испускание ядром радиоактивного изотопа альфа-частиц. Вследствие потери с альфа-частицей двух протонов и двух нейтронов распадающееся ядро превращается в другое ядро, в котором число протонов (заряд ядра) уменьшается на 2, а число частиц (массовое число) на 4. Следовательно, при данном радиоактивном распаде в соответствии с правилом смещения (сдвига), сформулированным Фаянсом и Содди (1913 г.), образующийся (дочерний) элемент смещен влево относительно исходного (материнского) на две клетки влево в периодической системе Д. И. Менделеева.

Энергия, выделяющаяся при альфа-распаде, делится между альфа-частицей и ядром обратно пропорционально их массам. Энергия альфа-частиц строго связана с периодом полураспада данного радионуклида (закон Гейгера-Неттола). Это говорит о том, что, зная энергию альфа-частиц, можно установить период полураспада, а по периоду полураспада идентифицировать радионуклид. Например, ядро полония-214 характеризуется значениями энергии альфа-частиц $E = 7,687$ МэВ и $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^{-4}$ с, тогда как для ядра урана-238 $E = 4,196$ МэВ и $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет. Кроме того, установлено, что чем больше энергия альфа-распада, тем быстрее он протекает.

Альфа-распад – достаточно распространенное ядерное превращение тяжелых ядер (уран, торий, полоний, плутоний и др. с $Z > 82$); в настоящее время известно более 160 альфа-излучающих ядер.

Бета-распад. *Бета-распад* – самопроизвольные превращения нейтрона в протон или протона в нейтрон внутри ядра, сопровождающиеся испусканием электронов или позитронов и антинейтрино или нейтрино.

Если в ядре имеется избыток нейтронов («нейтронная перегрузка» ядра), то происходит электронный бета-распад, при котором один из нейтронов превращается в протон, испуская при этом электрон и антинейтрино.

При этом распаде заряд ядра и, соответственно, атомный номер дочернего ядра увеличивается на 1, а массовое число не изменяется, т. е. дочерний элемент сдвинут в периодической системе Д. И. Менделеева на одну клетку вправо от исходного.

Часто ядра элементов, образующихся при бета-распаде, имеют избыточную энергию, которая высвобождается испусканием одного или нескольких гамма-квантов.

Электронный бета-распад характерен для многих естественных и искусственно полученных радиоактивных элементов.

Если неблагоприятное соотношение нейтронов и протонов в ядре обусловлено излишком протонов, то происходит позитронный бета-распад, при котором ядро испускает позитрон и нейтрино в результате превращения протона в нейтрон внутри ядра.

Позитрон, вылетев из ядра, срывает с оболочки атома «лишний» электрон (слабо связанный с ядром) или взаимодействует со свободным электроном, образуя пару «позитрон – электрон». Вследствие того, что частица и античастица мгновенно взаимоуничтожаются с выделением энергии, то образованная пара превращается в два гамма-кванта с энергией, эквивалентной массе частиц (e^+ и e^-). Процесс превращения пары «позитрон – электрон» в два гамма-кванта носит название аннигиляции (уничтожения), а возникающее электромагнитное излучение называется аннигиляционным. В данном случае происходит превращение одной формы материи (частиц вещества) в другую (излучение). Это подтверждается существованием обратной реакции – реакции образования пары, при которой электромагнитное излучение достаточно высокой энергии, проходя вблизи ядра под действием сильного электрического поля атома, превращается в пару «электрон – позитрон».

Энергия, выделяемая ядром при бета-распаде конкретного радионуклида, всегда постоянна, но ввиду того, что при этом типе распада образуется не две, а три частицы – ядро отдачи (дочернее), электрон (или позитрон) и нейтрино, то энергия по-разному в каждом акте распада перераспределяется между электроном (позитроном) и нейтрино, т. к. дочернее ядро всегда уносит одну и ту же порцию энергии. В зависимости от угла разлета нейтрино может уносить большую или меньшую энергию, в результате чего электрон может получить любую энергию от нуля до некоторого максимального значения. Следовательно, *при бета-распаде бета-частицы одного и того же радионуклида имеют различную энергию, от нуля до некоторого максимального значения, характерного для распада данного радионуклида. По энергии бета-излучения практически невозможно произвести идентификацию радионуклида.*

Гамма-распада в «чистом виде» не существует. Гамма-излучение только лишь может сопутствовать различным типам распадов. При испускании гамма-излучения в ядре не изменяются ни массовое число, ни его заряд. Следовательно, природа радионуклида не изменяется, а меняется лишь содержащаяся в ядре энергия. Гамма-излучение испускается при переходе ядер с возбужденных уровней на более низкие уровни, в том числе и на основной.

Внутренняя конверсия. Возбужденное (в результате того или иного ядерного превращения) состояние ядра атома свидетельствует о наличии в нем избытка энергии. В состоянии с меньшей энергией (нормальное состояние) возбужденное ядро может переходить не только путем излучения гамма-кванта или выброса какой-либо частицы, но и путем внутренней конверсии, или конверсии с образованием электрон-позитронных пар.

Явление внутренней конверсии состоит в том, что ядро передает энергию возбуждения одному из электронов внутренних слоев (К-, L- или M-слой), который в результате этого вырывается за пределы атома. Такие электроны получили название конверсионных электронов. Следовательно, испускание электронов конверсии обусловлено непосредственным электромагнитным взаимодействием ядра с электронами оболочки. Конверсионные электроны имеют линейчатый спектр энергии в отличие от электронов бета-распада, дающих сплошной спектр.

Известны также распады с испусканием протонов (одного или двух), нейтрона и кластерная радиоактивность.

Процесс радиоактивного распада может быть продолжительным. Если дочернее ядро, полученное в результате радиоактивного распада, также является радиоактивным, то со временем и оно распадается.

14.2 Базовые, нормируемые и рабочие величины в радиационной безопасности

Результат воздействия ионизирующих излучений на облучаемые объекты заключается в физико-химических или биологических изменениях в этих объектах. Примерами таких изменений могут служить ионизация воздуха, нагрев тела, гибель живого организма и т. п. Количественной мерой воздействия ионизирующего излучения на облучаемый объект является доза излучения (от греческого *dosis* – порция). В зависимости от того, какой результат воздействия измеряется, получается та или иная доза.

Вместе с развитием радиационной биологии и радиационной безопасности развивается и система дозиметрических величин. Главную роль в этом процессе играют Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ) и Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) – тесно сотрудничающие независимые организации, объединяющие экспертов в области радиационных измерений, биологического действия излучения, дозиметрии и радиационной безопасности. Регулярно публикуемые доклады МКРЕ и Рекомендации МКРЗ позволяют рассматривать современную систему дозиметрических величин состоящей из трех больших разделов:

- базовые физические величины;
- нормируемые величины;
- операционные величины.

Базовые физические величины являются мерой физического воздействия ионизирующего излучения на вещество. Они характеризуют источник излучения, само излучение и радиационные поля, возникающие при прохождении излучения через вещество. Для описания биологического воздействия излучения на человека

базовые дозиметрические величины напрямую не используют. К базовым величинам относятся экспозиционная и поглощенная дозы.

Нормируемые величины являются мерой ущерба (вреда) от воздействия излучения на человека. Они характеризуют облучение человека, т. е. воздействие ионизирующего излучения на организм. Важнейшими нормируемыми величинами являются эквивалентная и эффективная дозы. Их определение служит задачам обеспечения радиационной безопасности человека. Однако измерение нормируемых величин при контроле облучения практически невозможно.

Операционные величины являются непосредственно определяемыми в измерениях величинами, предназначенными для оценки нормируемых величин при радиационном контроле. Они используются для оценки соответствия условий облучения нормативным требованиям. Важнейшим качеством операционных величин является то, что они могут быть непосредственно измерены при радиационном контроле. Под радиационным контролем понимаем мониторинг (определение и регистрацию) параметров, характеризующих воздействие ионизирующего излучения на людей.

Основными базовыми физическими величинами являются:

- активность радионуклидов, характеристики поля их излучения;
- экспозиционная доза и ее мощность;
- поглощенная доза и ее мощность.

14.2.1 Активность радионуклидов и ее единицы измерения

Радиоактивные вещества могут быть в аэрозольном, взвешенном состоянии в жидкости, в воздухе, строительных материалах и продуктах питания и др. агрегатных состояниях. *Для измерения радиоактивности используют число происходящих в нем распадов в единицу времени. Такая величина названа активностью (A).*

Единицей активности радионуклидов в Международной системе единиц является беккерель (Бк), названный так в честь первооткрывателя этого явления Анри Антуана Беккереля. Дадим определение 1 Бк.

1 Бк – это такая активность радиоактивного вещества, при которой за 1 с происходит одно самопроизвольное ядерное превращение: 1 Бк = 1 расп./с.

Пример. Если активность источника равна 500 Бк, то это означает, что он содержит радионуклиды, 500 из них распадаются каждую секунду.

Величины в тысячу и миллион беккерель обозначаются соответственно как килобеккерель (кБк) и мегабеккерель (МБк):

$$1 \text{ кБк} = 10^3 \text{ Бк}; 1 \text{ МБк} = 10^6 \text{ Бк}.$$

Широко используется и старая (внесистемная) единица активности – *кюри (Ки)*, которая названа так в честь Пьера Кюри и Марии Склодовской-Кюри, исследователей, первыми получившими чистый радий.

Значению 1 Ки приблизительно соответствует активность 1 г чистого радия, в котором за 1 с распадается 37 млрд, или $3,7 \cdot 10^{10}$ ядер.

Один кюри – это активность одного грамма радия. Данной единицей широко пользуются при оценке загрязненности территории каким-либо радиоактивным элементом.

Пример. Если на настоящее время уровень поверхностной активности по цезию-137 равен 40 Ки/км², то снижение до значения ниже 1 Ки/км² при периоде полураспада 30 лет произойдет приблизительно через $5,5 \cdot T_{1/2}$, т. е. через 165 лет.

Практически полное исчезновение активности для любого элемента происходит через 10–20 периодов его полураспада. Следует отметить, что миграция его радионуклидов, усвоение их растениями, их перенос в результате техногенной деятельности может значительно ускорить этот процесс.

Кюри – относительно большая единица активности, поэтому часто используют ее тысячные (милликюри – мКи), миллионные (микрокюри – мкКи) и миллиардные (нанокюри – нКи) доли:

$$1 \text{ мКи} = 10^{-3} \text{ Ки}; 1 \text{ мкКи} = 10^{-6} \text{ Ки}; 1 \text{ нКи} = 10^{-9} \text{ Ки}.$$

Используются и большие, чем кюри, единицы активности: килокюри (кКи) и мегакюри (МКи):

$$1 \text{ кКи} = 10^3 \text{ Ки}; 1 \text{ МКи} = 10^6 \text{ Ки}.$$

Между кюри и беккерелем существует следующее соответствие:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}; 1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./с} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}.$$

Для соблюдения правил радиационной безопасности часто необходимо определить не только активность радиоактивного вещества, но и его концентрацию (т. е. объемную, удельную активность) в воде, продукте питания или атмосфере, а также зараженность поверхности земли.

1. *Активность объемная* ($A_{об}$) – отношение активности (A) радионуклида, содержащегося в образце, к его объёму (V):

$$A_{об} = A / V, \text{ Бк/л (Ки/л)}.$$

Пример. Допустимый уровень объемной активности цезия-137 в молоке составляет 100 Бк/л.

2. *Активность удельная* ($A_{уд}$) – отношение активности (A) радионуклида, содержащегося в образце, к массе образца (m):

$$A_{уд} = A / m, \text{ Бк/кг (Ки/кг)}.$$

Пример. Допустимый уровень удельной активности цезия-137 в мясе (говядине) и мясных продуктах составляет 500 Бк/кг.

3. *Активность поверхностная* ($A_{пов}$) – отношение активности (A) радионуклида, содержащегося на поверхности, к площади поверхности (S):

$$A_{пов} = A / S, \text{ Бк/м}^2 \text{ (Ки/км}^2 \text{)}.$$

Так, зона с правом на отселение включает территории, уровень поверхностного загрязнения которых цезием-137 составляет 5–15 Ки/км².

Экспозиционная доза. Гамма-излучение или рентгеновское излучение образует в воздухе определённое количество пар ионов. Именно для них и определена экспозиционная доза, которая является *количественной характеристикой* поля ионизирующего излучения. Она зависит от величины ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении в 760 мм рт. ст.

Экспозиционная доза – это величина отношения суммарного заряда всех ионов одного знака, которые образуются рентгеновским или гамма-излучением в некотором объёме, к массе воздуха в этом объёме.

Дозу облучения, обусловленную воздействием рентгеновского или гамма-излучения, используют для оценки радиационной обстановки на местности, в производственных или жилых помещениях.

Единицей экспозиционной дозы в СИ является 1 кулон, делённый на 1 кг облучённого воздуха – 1 Кл/кг.

Старой (внесистемной) единицей экспозиционной дозы является *рентген* (Р).

1 Рентген – такая доза облучения рентгеновским или гамма-излучением, при прохождении которого через $1,29 \cdot 10^{-6}$ кг (1 см³) воздуха при температуре 0 °С давления 10^{13} ГПа (760 мм рт. ст.), в результате завершения всех ионизационных процессов, вызванных этими излучениями, образуется заряд, равный $3,34 \cdot 10^{-10}$ Кл каждого знака, что соответствует возникновению 2 млрд ($2,08 \cdot 10^9$) пар ионов.

Доза в 1 Р накапливается за 1 ч на расстоянии 1 м от источника радия массой в 1 г, то есть активностью в 1 Ки.

Применяются и более мелкие единицы: миллирентген (мР) и микрорентген (мкР):

$$1 \text{ мР} = 10^{-3} \text{ Р}, 1 \text{ мкР} = 10^{-6} \text{ Р}.$$

Соотношение между старой и новой единицами измерения экспозиционной дозы:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}; 1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}.$$

Таким образом, новая единица значительно больше, чем старая.

Учитывая, что экспозиционная доза накапливается во времени, на практике используется и понятие мощности экспозиционной дозы, которая характеризует интенсивность излучения.

Единицы измерения:

- в системе СИ – А/кг (ампер на кг);
- внесистемная единица – Р/с, Р/ч, мР/ч, мкР/ч и т. д.

Мощность дозы, измеренную на высоте 70–100 см от поверхности земли, часто называют *уровнем радиации*.

Нормальный радиационный фон (мощность экспозиционной дозы) не превышает 20 мкР/ч.

Поглощённая доза ($D_{\text{погл}}$). Экспозиционная доза характеризует поле радиации вокруг объектов. Воздействие же на объект (организм) оказывает только

та часть радиации, которую этот объект или организм поглотил. Поэтому наиболее удобной характеристикой, которая определяет степень воздействия излучения на объект, является *поглощенная энергия излучения*.

Поглощённая доза – это количество энергии E , переданное веществу ионизирующим излучением любого вида в пересчете на единицу массы m любого вещества.

За единицу поглощенной дозы в СИ принимается *грей (Гр)*. Единица названа по имени Луи Гарольда Грея – лауреата премии имени Рентгена, радиобиолога.

1 Грей – это такая поглощенная доза излучения, при которой массе облученного вещества в 1 кг передаётся энергия ионизирующего излучения в 1 джоуль, т. е. 1 Гр=1 Дж/кг.

В некоторых случаях доза радиации может быть значительно меньше чем 1 Гр. Тогда её измеряют в тысячных (миллигреях, мГр), миллионных (микрогреях, мкГр) частях грея:

$$1 \text{ мГр} = 10^{-3} \text{ Гр}; 1 \text{ мкГр} = 10^{-6} \text{ Гр}.$$

Внесистемной единицей поглощённой дозы является *рад* (радиационная адсорбционная доза). Соотношение:

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}; 1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}; 1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг}.$$

Для мягких тканей в поле рентгеновского или гамма-излучения поглощённой дозе в 1 рад соответствует экспозиционная доза, равная ~ 1 рентген [14].

14.2.2 Нормируемые дозиметрические величины

Эквивалентная доза (H_R^T). При одной и той же поглощённой дозе разные виды излучения вызывают неодинаковые повреждения биологических объектов. Это объясняется их разной способностью к ионизации вещества. Биологический эффект зависит не только от дозы облучения, но и от вида ионизирующего излучения: например, при облучении альфа-частицами тела человека вероятность заболеть раком выше, чем при облучении бета-частицами или гамма-лучами. Соответственно, для биологической «средней» ткани введена характеристика «эквивалентная доза» для оценки последствий облучения биологической ткани малыми дозами (дозами, не превышающими 5 предельно допустимых доз при облучении всего тела человека), то есть 250 мЗв/год.

Эквивалентная доза излучения (H_R^T) – это поглощенная доза T в органе или ткани, умноженная на соответствующий коэффициент качества излучения W_R данного вида излучения R :

$$H_R^T = D_R^T \cdot W_R,$$

где D_R^T – средняя поглощенная доза излучения биологической тканью;

W_R – взвешивающий коэффициент качества излучения R (альфа-частиц, бета-частиц, гамма-квантов и др.), учитывающий относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов (таблица 14.2.1).

Таблица 14.2.1 – Коэффициенты качества излучения (К.К.)

Вид излучения	Значение коэффициента качества излучения W_R
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Бета-излучение	1
Протоны с энергией более 2 МэВ	5
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
Нейтроны с энергией 10–100 кэВ	10
Альфа-излучение с энергией менее 10 МэВ	20

Как видно из таблицы, рентгеновское или гамма-излучение и бета-излучение повреждают живой организм примерно одинаково и для них $W_R = K.K. = 1$.

Для альфа-излучения $W_R = K.K. = 20$. Это означает, что альфа-излучение, которое попадает внутрь организма, в 20 раз более опасное.

Взвешивающие коэффициенты W_R не зависят от облучаемого органа или ткани. Значения W_R определены в зависимости от вида и энергии излучения R и характеризуют источник излучения.

Формула $H_R^T = D_R^T \cdot W_R$ справедлива для оценки доз как внешнего, так и внутреннего облучения только отдельных органов и тканей или равномерного облучения всего тела человека.

При воздействии различных видов излучений одновременно с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для всех этих видов излучения R :

$$H_R^T = \sum H_R^T.$$

В системе СИ единицей эквивалентной дозы излучения является *Зиверт (Зв)*.

Эта единица названа по имени Рольфа Зиверта – крупного исследователя в области дозиметрии и радиационной безопасности.

Применяются и более мелкие единицы: миллизиверт (мЗв) и микрозиверт (мкЗв):

$$1 \text{ мЗв} = 10^{-3} \text{ Зв}, 1 \text{ мкЗв} = 10^{-6} \text{ Зв}.$$

Однако применяется и *внесистемная единица* эквивалентной дозы излучения – *биологический эквивалент рентгена (бэр)*.

Бэр – единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологических тканях, которая создаёт такой же биологический эффект, что и поглощённая доза в 1 рад рентгеновского или гамма-излучения.

$$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв} = 0,01 \text{ Зв}, 1 \text{ Зв} = 10^2 \text{ бэр} = 100 \text{ бэр}.$$

Если поглощённая доза измеряется в радах, то эквивалентная – в бэрах, а если поглощённая доза измеряется в греях, тогда эквивалентная – в зивертах.

Справка. Соотношение между эквивалентной дозой и экспозиционной дозой, измеренной рентгенометром: каждые 0,05 мЗв/г соответствует одному мкР/ч.

Эффективная доза (Е). В случае неравномерного облучения тела человека биологический эффект может оказаться другим. Неравномерное облучение

тела человека возникает как при внутреннем, так и при внешнем облучении. Дело в том, что различные радионуклиды, попавшие вместе с пищей или водой в организм человека, имеют свойство накапливаться в определенных органах. Так, радиоактивный йод преимущественно накапливается в щитовидной железе, калий – в мышцах, стронций-90 – в костях и т. д. При внешнем облучении разные ткани могут также облучаться неравномерно. Для оценки этих видов облучения и введена «эффективная доза».

Эффективная доза (E) – это такая доза при неравномерном облучении тела человека, которая равна эквивалентной дозе при равномерном облучении всего организма, при этом риск неблагоприятных последствий будет таким же, как и при неравномерном облучении тела человека.

Учет неравномерного облучения производится с помощью коэффициента радиационного риска W_T (взвешивающий коэффициент), который учитывает радиочувствительность различных органов человека:

$$E = \sum H_{Ti} \cdot W_{Ti},$$

где H_{Ti} – эквивалентная доза в данном i -м органе биологической ткани T ;

W_{Ti} – взвешивающий коэффициент для тканей и органов, учитывающий чувствительность разных органов и тканей при возникновении стохастических эффектов в i -м органе; сумма рассматривается по всем тканям T (таблица 14.2.2).

Таблица 14.2.2. – Взвешивающие коэффициенты W_{Ti}

Ткань или орган	Коэффициент W_{Ti}
Половые железы	0,20
Красный костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Молочные железы	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа, клетки костных поверхностей	0,01
Остальные органы	0,05

Примечание. При расчетах учитывать, что «остальные органы» включают надпочечники, головной мозг, экстраторакальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех случаях, когда один из перечисленных органов получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу взвешивающий коэффициент,

равный 0,025, а оставшимся органам из рубрики «остальные органы» приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

Единицы измерения эффективной дозы те же, что и эквивалентной дозы.

Пример. Основной предел доз (ПД) облучения для населения – эффективная доза 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год.

14.3 Биологическое действие ионизирующих излучений. Радиочувствительность тканей, органов, организма

14.3.1 Действие ионизирующих излучений на клетку

Знание закономерностей биологического действия ионизирующих излучений необходимо для регламентирования дозовых нагрузок на человека, оказавшегося в сфере воздействия излучений при работе с их источниками, в неблагоприятной экологической обстановке и т. п. и для обоснования медицинских мероприятий при радиационных поражениях. Процессы лучевого поражения организма начинаются на уровне клетки.

Клетка окружена мембраной (оболочкой), которая ее защищает и позволяет сохранить стабильность внутриклеточной среды. При самом общем рассмотрении клетка состоит из ядра – центральной более плотной части и цитоплазмы. В цитоплазме расположены органеллы. В ядре находятся важнейшие структуры клетки – хромосомы. Хромосомы содержат молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), в которых зафиксирована вся генетическая информация. Молекулы ДНК имеют нитевидную форму в виде двойных спиралей. Для каждого биологического вида характерно постоянное число хромосом в ядре клетки. Обычная клетка человека содержит 46 хромосом, а половая – 23.

Любой многоклеточный организм берет свое начало с одной единственной клетки путем многократных клеточных делений. На ранней стадии развития все клетки способны к делению, на более поздней часть из них дифференцируется, они становятся специализированными, образуя те или иные органы и ткани. Зрелый организм состоит из дифференцированных и делящихся клеток.

Деления клеток в той или иной степени продолжают в течение всей жизни. Например, у взрослого организма делятся и постоянно обновляются половые клетки, клетки костного мозга, клетки эпителия кишечника. В нормально функционирующей клетке наследственная информация при делении передается и расшифровывается без искажений.

Воздействие ионизирующих излучений на биологические объекты подразделяется на четыре этапа: физический, физико-химический, химический и биологический. Рассмотрим эти этапы.

Физический этап. Продолжительность: 10^{-16} – 10^{-13} с. Энергия излучения передается веществу. Происходит ионизация и возбуждение атомов.

Физико-химический этап. Продолжительность: 10^{-13} – 10^{-10} с. Характеризуется перераспределением поглощенной энергии внутри молекул и между ними, а также образованием свободных радикалов. Данный этап обусловлен тем, что

возбужденными и ионизированными оказались атомы, из которых построены молекулы веществ, входящих в состав клетки. Основную массу (до 90 %) вещества в клетках составляет вода. В силу этого наиболее существен процесс радиолиза воды, в результате которого образуются свободные радикалы.

Химический этап. Продолжительность: $10^{-6} - 10^{-3}$ с. Радикалы и ионы взаимодействуют друг с другом и окружающими молекулами. В результате такого взаимодействия возникают биологически активные макромолекулы с измененными структурой и функциональными свойствами. Эти молекулы взаимодействуют друг с другом и с окружающими молекулами, образуя повреждения, могущие стать причиной гибели клеток.

Биологический этап. Химические изменения молекул преобразуются в клеточные изменения. Наиболее чувствительным к облучению является ядро клетки, а наибольшие последствия вызывает повреждение молекулы ДНК, содержащей наследственную информацию. В результате облучения в зависимости от величины поглощенной дозы клетка гибнет или становится неполноценной в функциональном отношении. Время протекания четвертого этапа очень различно и в зависимости от условий может растянуться на годы и десятилетия или даже на потомков облученного организма.

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории:

- *соматические (телесные)* – возникающие в организме человека, который подвергался облучению;
- *генетические* – связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению.

14.3.2 Радиочувствительность тканей, органов, организма

Радиочувствительность и радиорезистентность – понятия, характеризующие степень чувствительности животных и растительных организмов, а также их клеток и тканей к воздействию ионизирующих излучений. Чем больше возникает изменений в ткани под влиянием радиации, тем ткань более радиочувствительна, и, наоборот, способность организмов или отдельных тканей не давать патологических изменений при действии ионизирующих излучений характеризует степень их радиорезистентности, т. е. устойчивости к радиации.

В качестве количественной меры радиочувствительности часто используется *ЛД50* – доза облучения, вызывающая гибель 50 % облученных организмов.

Радиочувствительность организма зависит от его возраста. Небольшие дозы при облучении детей могут замедлить или вовсе остановить у них рост костей, что приводит к аномалиям развития скелета. Чем меньше возраст ребенка, тем сильнее подавляется рост костей. Облучение мозга ребенка может вызвать изменения в его характере, привести к потере памяти. Чем моложе организм, тем при прочих равных условиях он более чувствителен к воздействию радиации. Крайне чувствителен к действию радиации мозг плода, особенно если мать подвергается облучению между восьмой и пятнадцатой неделями беременности.

Для взрослого человека ЛД50 составляет 4–5 Гр. В таблице 14.3.1 приведены ЛД50 для различных организмов.

Таблица 14.3.1. – Дозы, вызывающие гибель 50 % облученных организмов

Человек	4–5 Гр
Крыса	6–7 Гр
Кролик	9–10 Гр
Змеи	80–200 Гр
Простейшие	1000–3000 Гр

14.3.3 Действие больших доз радиации. Лучевая болезнь

Действие радиации на организм является результатом биологического воздействия ионизирующего излучения на его клетки и органы, так как деятельность их всех находится в постоянной взаимосвязи и взаимозависимости. В результате гибели клеток при прямом действии радиации ткань не справляется со своими функциональными нагрузками и возникают клинические нарушения, свойственные потере функции облученного органа при других заболеваниях. Следует иметь в виду, что все ткани обладают регенеративной способностью, т. е. способностью к восстановлению клеток на пораженном участке.

Лучевая болезнь – это комплексная реакция организма на действие больших доз ионизирующих излучений. Облучение всего организма человека дозами от 1 до 10 Гр и более приводит к протеканию у него острой лучевой болезни (ОЛБ). В ее развитии ведущая роль принадлежит прямому радиационному поражению клеток критических систем. В зависимости от дозы облучения в роли критических выступают разные системы, что и определяет, какая клиническая форма ОЛБ разовьется после облучения в том или ином диапазоне доз. Какая именно система оказывается в конкретных условиях критической, зависит как от уровня радиочувствительности систем организма, так и от скорости развития смертельных исходов при несовместимом с жизнью повреждении данной системы. В зависимости от полученной дозы ОЛБ имеет четыре степени тяжести. Степени тяжести острой лучевой болезни, дозы, после облучения в которых они развиваются, клинические синдромы и процент летальности представлены в таблице 14.3.2.

Таблица 14.3.2. – Степени тяжести острой лучевой болезни

Степень тяжести	Поглощенная доза, Гр	Клиническая форма	Летальность
Легкая	1–2	Костномозговая	—
Средняя	2–4	Костномозговая	30 % через 2–6 недель после облучения
Тяжелая	4–6	Костномозговая	50 % через 2–6 недель
Крайне тяжелая	6–10	Переходная	100 % в течение месяца
	10–20	Кишечная	100 % на 16–18 сутки
	20–80	Токсемическая (сосудистая)	100 % на 4–7 сутки
	>80	Церебральная	100 % на 1–3 сутки

Описанные выше последствия лучевой болезни характерны для случаев, когда медицинская помощь отсутствует. Для лечения облученного организма современная медицина широко применяет такие методы, как кровезамещение, пересадка костного мозга, введение антибиотиков, а также другие методы интенсивной терапии. При таком лечении возможно исключить смертельный исход даже при облучении дозой до 10 Гр.

Первичная острая реакция организма на облучение – тошнота, рвота, головные боли, общая слабость, сонливость, потливость. Эта стадия, в зависимости от тяжести поражения, длится от нескольких часов до нескольких суток. При тяжелых поражениях она длится 3-4 суток.

Кажущееся клиническое благополучие. На этой стадии перечисленные выше симптомы ослабевают, наблюдается субъективное улучшение состояния. Однако в это время происходят скрытые изменения со стороны костного мозга и крови. На облученных участках кожи начинается выпадение волос. Стадия длится 2–5 недель, и чем больше поглощенная доза, тем она короче, а при достаточно больших дозах может вообще отсутствовать.

Разгар болезни. Самочувствие больных резко ухудшается, нарастает слабость, апатия, бессонница, исчезает аппетит, повышается температура, иногда у больных отмечаются слуховые и зрительные галлюцинации. В этот период отмечается снижение массы тела. Через 2 недели от начала заболевания выпадают волосы, иногда до полного облысения. Отмечаются носовые кровотечения и кровоизлияния в кожные покровы и слизистые оболочки. В крови существенно уменьшается количество лейкоцитов, что связано с поражением костного мозга. В результате получают развитие инфекционные и воспалительные процессы, которые могут привести к гибели организма. Эта фаза продолжается 1–3 недели и в случае благоприятного исхода переходит в четвертую стадию.

Восстановление. Продолжительность восстановительного периода длится 2–2,5 месяца. Самочувствие улучшается, нормализуется температура, прекращается кровоточивость, исчезают нарушения функционирования желудочно-кишечного тракта. Происходит постепенное восстановление показателей крови. Однако даже полное восстановление еще не гарантирует от опасности появления отдаленных последствий.

При длительном облучении организма в относительно малых дозах возможно развитие хронической лучевой болезни. К ее возникновению может привести ежедневное общее облучение в 1–5 мГр при достижении суммарной дозы 0,7–1 Гр. В соответствии с современной классификацией хроническая лучевая болезнь может быть вызвана:

а) воздействием общего внешнего излучения или радиоактивных изотопов с равномерным распределением их в организме (общее облучение);

б) действием изотопов с избирательным накоплением в организме либо местным внешним облучением (местные лучевые поражения).

Хроническое облучение слабее действует на живой организм по сравнению с однократным облучением в той же дозе, что связано с постоянно идущими процессами восстановления радиационных повреждений. Профилактика хронической лучевой болезни требует строгого соблюдения норм радиационной безопасности и правил работы на загрязненной радионуклидами местности.

14.3.4 Действие малых доз радиации

Дозы облучения меньше 0,1 Зв принято относить к малым дозам. При облучении малыми дозами никаких детерминированных эффектов не наблюдается. Однако это совершенно не значит, что такие дозы абсолютно безвредны. При сколь угодно малых дозах облучения возможна репродуктивная гибель клетки, что может проявиться через годы и десятилетия как у самого облученного, так и у его потомков в виде отдаленных последствий. Отдаленные последствия являются стохастическим (вероятностным) эффектом.

14.3.5 Основные пределы доз облучения

При проведении профилактических медицинских рентгенологических исследований и научных исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза облучения этих лиц не должна превышать 1 мЗв.

В целях недопущения превышения предела дозы техногенного облучения населения для АЭС квота на облучение населения составляет 100 мкЗв/год. Данная квота устанавливается на суммарное облучение населения от всех источников радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферный воздух и жидких сбросов в поверхностные воды в целом для АЭС независимо от количества энергоблоков на промышленной площадке.

Повышенное облучение аварийных работников выше установленного дозового предела 50 мЗв не допускается, кроме случаев:

- спасения жизни или предотвращения серьезного поражения;
- осуществления действий, направленных на предотвращение возникновения серьезных детерминированных эффектов, и действий, направленных на предотвращение возникновения катастрофических условий, которые могут оказать значительное воздействие на людей и окружающую среду;
- осуществления действий, направленных на предотвращение высокой коллективной эффективной дозы.

Облучение аварийных работников, привлекаемых к ликвидации последствий радиационных аварий, не должно превышать более чем в 10 раз среднегодовое значение основных пределов доз облучения для работников (персонала), установленных статьей 8 Закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» (т. е. эффективная доза не должна превышать 200 мЗв).

Работники, получающие дозы облучения в ситуации аварийного облучения, обычно не отстраняются от работ, связанных с дальнейшим профессиональным облучением. Однако, если работник получил дозу облучения, превышающую 200 мЗв, или в случае поступления соответствующей просьбы от работника до начала работ, связанных с дальнейшим профессиональным облучением, выносится заключение врача-специалиста.

Государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности организуется и осуществляется Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в порядке, установленном Советом Министров Республики Беларусь, а также иными государственными органами в пределах их компетенции в соответствии с законодательством Республики Беларусь [31].

Тема 15. Ядерная энергетика: проблемы и перспективы развития. Радиационная безопасность

15.1 Ядерная энергетика

15.1.1 Деление тяжелых ядер

Невозможно представить современное общество без использования электрической энергии. Основным источником электроэнергии – тепловые электростанции, потребляющие нефть и газ. Запас ископаемого топлива сокращается, а продолжение его использования в качестве источника энергии ухудшает экологическую ситуацию. Одной из альтернатив использованию органического топлива для производства электроэнергии является [ядерная энергетика](#).

Физической основой ядерной энергетики является реакция деления тяжелых ядер. Деление тяжелых ядер под действием нейтронов открыли [О. Ганн и Ф. Штрассман](#) в 1938 г. Ядерная реакция деления под действием нейтронов состоит в том, что тяжелое ядро, поглотив нейтрон, делится на два (иногда на три и совсем редко на четыре) ядра (осколков). Такое деление сопровождается испусканием двух-трех нейтронов. Деление может происходить разными путями, но наиболее вероятно образование осколков, массы которых относятся приблизительно как 2 : 3.

15.1.2 Ядерный реактор

[Ядерный реактор](#) – это устройство, в котором осуществляется управляемая цепная реакция деления тяжелых ядер. К настоящему времени известно около 100 типов ядерных реакторов. В качестве основных признаков классификации реакторов можно выделить следующие:

- тип горючего;
- тип ядерной реакции (реакторы на тепловых нейтронах, реакторы на быстрых нейтронах);
- материал замедлителя (вода, тяжелая вода, графит, литий или беррилий);
- структура активной зоны (гетеро-, гомогенная);
- теплоноситель (вода, газ, жидкий металл);
- режим работы (непрерывные, импульсные);
- назначение (для производства электроэнергии, исследовательские и др.);
- мощность;
- поколение (I–IV).

Реакторы I поколения – это первые реакторы мощностью менее 200 МВт, созданные в 1950–60-е гг. Реакторы II поколения – это реакторы мощностью от нескольких сотен до 1500 МВт. Большинство эксплуатируемых в мире реакторов принадлежат этому поколению. Срок службы реакторов II поколения – 20–30 лет.

Проекты реакторов III и III+ поколений имеют ряд улучшений (улучшения в производстве топлива, повышение коэффициента полезного действия, использование пассивных систем безопасности, стандартизированный проект для снижения эксплуатационных и капитальных затрат). Улучшенные проекты позволяют увеличить срок службы реактора до 50–60 лет. Первый реактор III поколения

ABWR эксплуатируется в Японии с 1996 года. Реакторы ВВЭР-1200, которыми оснащена Белорусская АЭС, принадлежат к III+ поколению.

Реакторы IV поколения существенно отличаются по своему проекту от реакторов I–III поколений значительно улучшенными характеристиками обеспечения безопасности и экономических показателей. Эти реакторы находятся на стадии разработки концепции, окончательного проекта пока не существует.

Реакторы также классифицируют по уровню энергии нейтронов, участвующих в реакции деления, по принципу размещения топлива и замедлителя, целевому назначению, виду замедлителя и теплоносителя и их физическому состоянию.

Ядерные реакторы делятся на несколько групп:

- в зависимости от средней энергии спектра нейтронов:
 - а) быстрые;
 - б) промежуточные;
 - в) тепловые;
- по конструктивным особенностям активной зоны:
 - а) корпусные;
 - б) канальные;
- по типу теплоносителя:
 - а) водяные;
 - б) тяжеловодные;
 - в) натриевые;
- по типу замедлителя:
 - а) водяные;
 - б) графитовые;
 - в) тяжеловодные и др.

Для энергетических целей, для производства электроэнергии применяются:

- водо-водяные реакторы с некипящей или кипящей водой под давлением;
- уран-графитовые реакторы с кипящей водой или охлаждаемые углекислым газом;
- тяжеловодные канальные реакторы и др.

В зависимости от назначения ядерные реакторы бывают энергетические, конверторы и размножители, исследовательские и многоцелевые, транспортные и промышленные.

Ядерные энергетические реакторы используются для выработки электроэнергии на атомных электростанциях, в судовых энергетических установках, на *атомных теплоэлектроцентралях*, а также на атомных станциях теплоснабжения.

Реакторы, предназначенные для производства вторичного ядерного топлива из природного урана и тория, называются *конверторами* или *размножителями*. В реакторе-конверторе вторичного ядерного топлива образуется меньше первоначально израсходованного. В реакторе-размножителе осуществляется расширенное воспроизводство ядерного топлива, т. е. его получается больше, чем было затрачено.

Исследовательские реакторы служат для исследований процессов взаимодействия нейтронов с веществом, изучения поведения реакторных материалов

в интенсивных полях нейтронного и гамма-излучений, радиохимических и биологических исследований, производства изотопов, экспериментального исследования физики ядерных реакторов. Реакторы имеют различную мощность, стационарный или импульсный режим работы. Наибольшее распространение получили водородные исследовательские реакторы на обогащенном уране. Тепловая мощность исследовательских реакторов колеблется в широком диапазоне и достигает нескольких тысяч киловатт.

Многоцелевыми называются реакторы, служащие для нескольких целей, например, для выработки энергии и получения ядерного топлива [3].

15.2 Катастрофа на Чернобыльской АЭС

15.2.1 Схематическое устройство ЧАЭС

В ночь с 25 на 26 апреля 1986 г. на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) произошла крупнейшая в истории человечества техногенная катастрофа, которая привела к человеческим жертвам, тяжелым экологическим, экономическим, медицинским и социальным последствиям. Строительство ЧАЭС было начато в 1970 г. В качестве базового для ЧАЭС был принят энергоблок с реактором РБМК-1000. Проектом предусматривалась установка на станции шести энергоблоков.

Первый энергоблок ЧАЭС был введен в действие в сентябре 1977 г., второй – в январе 1979 г., третий и четвертый дали ток в декабре 1981 г. и 1983 г. соответственно. К 1986 г. на станции работало четыре энергоблока, а два строилось. Третий и четвертый энергоблоки были построены так называемым дубли-блоком. Это означает, что реакторы двух энергоблоков находятся, по существу, в одном здании (в отличие от первого и второго, в которых каждый реактор находится в отдельном здании). Энергоблоки примыкают к общему машинному залу, в котором находятся паровые турбины и генераторы. Расположение энергоблоков и машинного зала показано на рисунке 15.2.1.

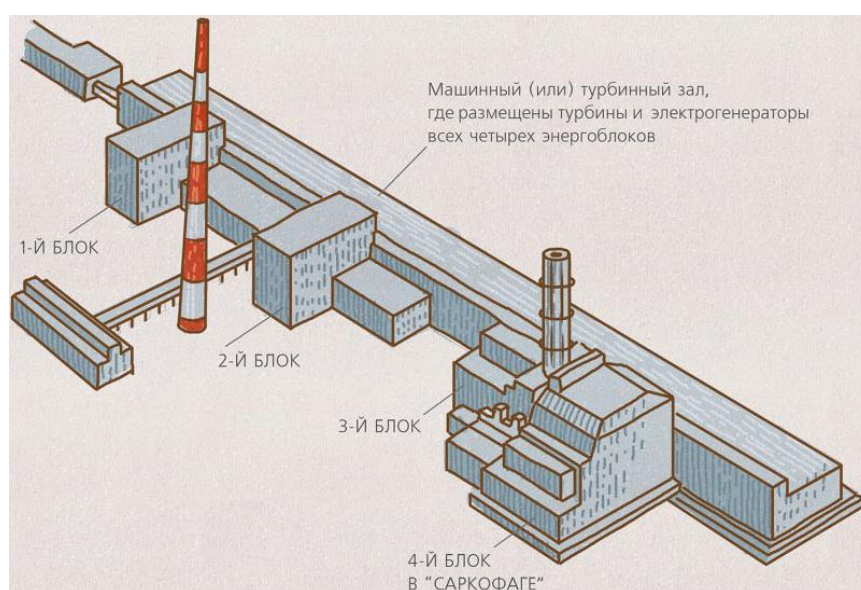


Рисунок 15.2.1. – Расположение энергоблоков и машинного зала ЧАЭС

15.2.2 Причины и развитие аварии

На пятницу 25 апреля 1986 г. намечалась плановая остановка четвертого энергоблока ЧАЭС для проведения ремонтных работ. В ходе этой остановки было решено провести так называемый электротехнический эксперимент, цель которого – проверить возможности использования механической энергии ротора отключенного по пару турбогенератора для поддержания производительности механизмов собственных нужд блока в условиях обесточивания. Идея эксперимента заключается в следующем.

Энергоблок является не только источником электроэнергии, но и ее потребителем. При работающем реакторе часть электрической мощности генераторов отбирается на его собственные нужды. Даже после остановки реактора (профилактические работы, аварийная остановка) через активную зону необходимо непрерывно прокачивать воду для того, чтобы не перегрелись ТВЭЛы. Если реактор остановлен, то его электропитание осуществляется от соседних блоков или внешней электросети. На крайний аварийный случай предусмотрено питание от резервных дизель-генераторов (у РБМК два дизель-генератора). Однако на их запуск требуется определенное время, в самом лучшем случае они смогут начать выдавать электроэнергию не раньше, чем через одну-две минуты. Возникает вопрос: чем питать насосы, пока дизель-генераторы не выйдут на режим? Вращающийся по инерции ротор турбогенератора обладает большим запасом кинетической энергии. Эксперимент должен был выяснить – сколько времени с момента прекращения подачи пара на турбину, она, вращаясь по инерции (в режиме выбега), будет вырабатывать ток, достаточный для аварийного питания основных систем реактора, важных для безопасности в условиях полного обесточивания станции.

Рабочая программа испытаний предусматривала:

- при снижении тепловой мощности реактора до 1600 МВт (далее везде указана тепловая мощность) отключить один турбогенератор, питание блока полностью перевести от второго турбогенератора;
- при падении мощности до 700–1000 МВт прекратить подачу пара на второй генератор (начать его выбег);
- имитировать электрическую цепь насосов системы аварийного охлаждения реактора (САОР) подключением к турбогенератору четырех главных циркуляционных насосов (ГЦН);
- после остановки турбогенератора для надежного охлаждения активной зоны подключить к блоку еще четыре ГЦНа, которые запитаны от внешней электросети;
- для исключения возможного срабатывания заблокировать САОР.

Как показал впоследствии анализ этой программы специалистами, она была составлена непродуманно, с пренебрежением мерами безопасности. Испытания считали чисто электротехническими, не влияющими на безопасность реактора. Две главных ошибки программы следующие. Во-первых, отключение САОР было совершенно необязательно. САОР является защитной системой безопасности и предназначена для обеспечения отвода остаточного тепловыделения посредством своевременной подачи требуемого количества воды в каналы реактора при авариях, сопровождающихся нарушениями охлаждения активной зоны. Ее отключение означало, что в течение всего периода испытаний (~ 4 часа) безопасность

реактора окажется существенно сниженной, что не допускалось технологическим регламентом работы. Во-вторых, электрическую цепь насосов САОР можно было имитировать чем угодно, но только не ГЦНами. Эти насосы прокачивают воду через активную зону реактора, и изменение режима их работы оказывает непосредственное воздействие на работу реактора. Подключение циркуляционных насосов к «выбегающему» генератору напрямую связало, казалось бы, «электротехнический эксперимент» с ядерными процессами в реакторе. Но мало того: при проведении эксперимента персонал допустил отклонения и от этой, не очень продуманной программы.

15.2.3 Непосредственные последствия аварии.

Состояние остановленного реактора

Выброшенные в результате взрыва горячие обломки упали на крышу машинного зала и в другие места, образовав более 30 очагов пожара в реакторном отделении и машинном зале. Произошло возгорание битумной крыши машинного зала. В 1 ч 24 мин на пульт дежурного военизированной пожарной части (ВПЧ-2) по охране ЧАЭС поступил сигнал о возгорании. К станции выехал дежурный караул во главе с лейтенантом внутренней службы В. П. Правиком. Приняв руководство тушением пожара на себя, он передал по радиации сообщение на пульт дежурного самостоятельной военизированной пожарной части (СВПЧ-6) по охране г. Припять о помощи. Из этой части прибыл дежурный караул, возглавляемый лейтенантом внутренней службы В. Н. Кибенком. Затем на станцию прибыл начальник ВПЧ-2 майор внутренней службы Л. П. Телятников, который взял на себя руководство тушением пожара. По цепочке было передано сообщение о возгорании высокого номера сложности, по которому к станции должны прибыть пожарные подразделения Киевской и близлежащих областей.

После прибытия первого караула началось тушение пожара на крыше машинного зала и в реакторном зале. Важно было не дать перекинуться пожару на третий энергоблок и распространиться по крыше машинного зала. Самоотверженные и успешные действия пожарных, первыми вступившими в схватку с огнем и радиационной опасностью, позволили в короткое время ликвидировать очаги пожара, не допустить его развития по крыше машинного зала и переходам между четвертым и третьим энергоблоками. Пожар был потушен, продолжал гореть только графит в разрушенной активной зоне.

Ценой своей жизни и здоровья пожарные сумели предотвратить еще более тяжелые последствия произошедшей аварии. Из средств защиты у пожарных была только боёвка, каска и рукавицы, вследствие чего появились первые пораженные радиацией. У них стала проявляться слабость, рвота, «ядерный загар», а после снятия рукавиц снималась и кожа с рук.

Непосредственно во время взрыва на четвертом энергоблоке погиб только один человек, еще один скончался утром от полученных травм. У 134 человек из числа сотрудников ЧАЭС, находившихся на станции во время взрыва, и первых ликвидаторов аварии была диагностирована лучевая болезнь. 28 из них

умерли в течение следующих четырех месяцев, еще 19 умерли от разных причин на протяжении 1987–2004 гг.

В первые часы после взрывов руководство станции придерживалось мнения, что реактор остался цел. Поэтому было принято ошибочное решение подавать воду в активную зону. Это оказалось бесполезным, так как подводящие коммуникации были оторваны взрывом, а сама активная зона разрушена, и подаваемая вода скапливалась в подреакторном пространстве. Только днем 26 апреля пришло осознание, что реактора, как такового нет. Вид разрушенного четвертого энергоблока показан на рисунке 15.2.2.



Рисунок 15.2.2. – Разрушенный четвертый энергоблок

Чтобы потушить горящий графит в активной зоне, сразу после аварии в активную зону реактора пожарными закачивалась вода. После 10 часов безрезультатных попыток погасить реактор таким способом, было принято решение действовать по-другому.

С 27 апреля по 5 мая реактор забрасывали с воздуха твердыми материалами. За это время 30 участвовавших в операции вертолетов сбросили на горящий реактор среди прочих материалов 2400 т свинца и 1800 т песка и глины. Это должно было потушить пожар и прекратить выброс радиоактивных веществ из реактора. Однако сброшенные материалы ухудшили естественный отвод теплоты из активной зоны, и температура в реакторе начала снова расти. Соответственно увеличилось и количество выбрасываемых радионуклидов. Во время последней фазы тушения реактор охлаждали жидким азотом. К 6 мая реактор удалось заглушить. В результате аварии из разрушенного реактора в атмосферу было выброшено от 5 до 30 % ядерного топлива, большое количество продуктов деления и наведенной активности. По оценкам экспертов суммарная активность выброса составляет до $1,4 \cdot 10^{19}$ Бк (не менее $3,8 \cdot 10^9$ Ки). Непосредственно взрывом было выброшено около четверти этой активности, остальное выделялось почти 10 суток, пока реактор не был заглушен.

Частицы топлива в основном разбросаны в ближней зоне вокруг ЧАЭС. Наиболее мощная струя газообразных и аэрозольных радиоактивных продуктов наблюдалась в течение первых двух-трех суток после взрыва. В соответствии с метеорологической обстановкой эта струя распространилась в северо-западном, северном и северо-восточном направлениях (т. е. на Беларусь). 26 апреля мощность экспозиционной дозы в районе станции составляла: в г. Припять – 1-2 Р/ч, на развале энергоблока – 1000 Р/ч, на развале реактора – 3000 Р/ч.

Радиоизотопный состав выброса примерно соответствует составу, накопленному в ТВЭЛах за кампанию работы реактора, и отличается от него повышенным содержанием летучих и легкоплавких продуктов деления. Считается, что были выброшены практически все инертные газы (^{133}Xe , ^{85}Kr), значительная часть изотопов йода, теллура и цезия.

В начальный период после аварии основной вклад в суммарную активность вносили сравнительно короткоживущие изотопы: ^{133}Xe , ^{85}Kr , ^{131}I , ^{132}Te .

В настоящее время наибольшую радиационную опасность представляют долгоживущие изотопы: ^{137}Cs , ^{90}Sr , изотопы плутония и радионуклиды, входящие в состав «горячих частиц». Осколки топлива и «горячие частицы» выпали, в основном, в южной части Гомельской области, недалеко от ЧАЭС (в 30-километровой зоне). Большая часть стронция также сосредоточена на юге Гомельской области. Легкоплавкий и более летучий цезий был отнесен на большие расстояния.

Внутри разрушенного реактора осталось от 70 до 95 % топлива от первоначальной загрузки в 190 т, не считая продуктов деления и материалов, обладающих наведенной активностью. Кроме того, часть содержимого реактора расплавилась и переместилась через разломы внизу плиты реактора за его пределы, поэтому в середине мая 1986 г. Правительственная комиссия приняла решение о долговременной консервации четвертого энергоблока с целью предотвращения

выхода радионуклидов в окружающую среду и уменьшения воздействия ионизирующего излучения на площадке станции. Министерству среднего машиностроения СССР были поручены «работы по захоронению 4-го энергоблока ЧАЭС и относящихся к нему сооружений». Строящийся объект получил официальное название «Укрытие 4-го блока ЧАЭС», всему миру он известен как «саркофаг». В процессе строительства «саркофага» было уложено свыше 400 000 м³ бетона и смонтированы 7000 т металлоконструкций. «Саркофаг» был сдан в эксплуатацию в ноябре 1986 г. Полностью объект, представляющий собой железобетонное сооружение высотой в 20-этажный дом, был завершён в 1988 г.

Основное назначение «саркофага» – предотвращение выхода радиоактивных веществ из разрушенного реактора в окружающую среду и защита прилегающих территорий от излучения. Помимо этого, «саркофаг» выполняет роль контрольно-измерительной системы, способной с помощью приборов оценивать ряд физических параметров в контрольных точках объекта: температуру, тепловые и нейтронные потоки, мощность экспозиционной дозы, величину вибраций. Анализ получаемой информации позволяет расценивать нынешнее состояние разрушенного реактора как безопасное.

После проведения дезактивационных мероприятий и выполнения работ по модернизации систем станции, направленных на повышение ее безопасности, в октябре – декабре 1986 г. были последовательно запущены в эксплуатацию первый, второй и третий энергоблоки. Строительство пятого и шестого блоков было прекращено.

Осенью 1993 г. после пожара второй энергоблок был остановлен. В ночь с 30 ноября на первое декабря 1996 г. в соответствии с Меморандумом, подписанным в 1995 г. между Украиной и государствами «большой семерки» остановлен первый энергоблок. В марте 2000 г. правительство Украины приняло постановление о закрытии ЧАЭС. Чернобыльская АЭС, а точнее, последний работающий третий энергоблок, был остановлен 15 декабря 2000 г. в 13 ч 17 мин. Согласно программе вывода из эксплуатации Чернобыльской АЭС, утвержденной Верховной Радой Украины, ЧАЭС будет полностью ликвидирована к 2065 г.

Спустя некоторое время после завершения строительства «саркофага» в связи с постепенным разрушением его конструкции стала очевидна необходимость возведения нового защитного купола. В сентябре 2007 г. в Киеве был подписан контракт между государственным специализированным предприятием «Чернобыльская АЭС» и французской компанией «Novarka» на строительство нового безопасного укрытия. Одновременно подписан контракт с американской компанией «Holtec» на строительство хранилища отработанного топлива для первого, второго и третьего энергоблоков станции и на завершение строительства завода по переработке твердых радиоактивных отходов. Однако денег на строительство нового укрытия не хватало, и оно началось лишь в 2012 г.

Новый объект «укрытие» представляет собой полукруглую железобетонную конструкцию арочной формы шириной 257 м, высотой 108 м и длиной 162 м. Весить конструкция будет порядка 25 000 т. «Укрытие» собирают на отдельной площадке, которую предусмотрительно расчистили и залили бетоном. По плану, после сборки арку по рельсам «надвинут» на старый саркофаг.

Тема 16. Основные способы защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций

16.1 Основные принципы и способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях

Защита населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) представляет собой комплекс специальных мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей поражающими факторами ЧС или максимально снизить степень их воздействия.

Основными принципами в организации защиты населения и территорий от ЧС являются:

- заблаговременность проведения мероприятий, направленных на предупреждение ЧС, а также на максимально возможное снижение размеров материального ущерба и вреда, причиненного здоровью людей и окружающей среде в случае их возникновения;

- планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения ЧС;

- необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения и территорий от ЧС.

Заблаговременность мероприятий проявляется в том, что до наступления ЧС накапливаются необходимые средства индивидуальной и коллективной защиты, подготавливается персонал, создаются необходимые силы, средства и материальные средства для проведения мероприятий по ликвидации последствий ЧС, в том числе проведения лечебно-эвакуационных, санитарно-гигиенических и противозаразительных мероприятий.

Дифференцированный подход при планировании и осуществлении мероприятий по защите населения и территорий выражается в том, что особое внимание уделяется наиболее опасным объектам и территориям.

Принцип универсальности – это использование универсальных мероприятий, технологий и средств, которые можно использовать при различных ЧС, как в мирное, так и в военное время.

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

- укрытие населения в защитных сооружениях;
- проведение эвакуационных мероприятий;
- применение населением средств индивидуальной защиты и медицинских средств защиты.

Наряду с этим в целях защиты населения проводятся:

- всеобщее обязательное обучение населения способам защиты в ЧС;
- своевременное оповещение населения об угрозе возникновения ЧС;
- радиационная, химическая и бактериологическая разведка, дозиметрический и лабораторный контроль;

– защита продовольствия, воды, сельскохозяйственных животных и растений от заражения радиоактивными веществами (РВ), ОВ (СДЯВ), бактериологическими средствами (БС);

– профилактические, санитарно-гигиенические и противоэпидемические мероприятия;

– санитарная обработка людей, специальная обработка одежды и обуви, обеззараживание территории.

Планирование мероприятий по защите населения осуществляется комиссиями по ЧС с учетом вероятности наступления ЧС, возможного количества пораженных и вариантов развития событий.

16.2 Организация укрытия населения в защитных сооружениях

Укрытие населения в защитных сооружениях является наиболее надежным способом защиты в ЧС. Защитное сооружение – это инженерное сооружение, предназначенное для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий или катастроф на потенциально опасных объектах либо стихийных бедствий в районах размещения этих объектов, а также от воздействия современных средств поражения (СТБ 1429-2003).

16.2.1 Классификация защитных сооружений

К защитным сооружениям относятся: убежища, противорадиационные укрытия (ПРУ) и простейшие укрытия.

Убежище – защитное сооружение, в котором в течение определенного времени обеспечиваются условия для укрытия людей с целью защиты от современных средств поражения, поражающих факторов и воздействий опасных химических и радиоактивных веществ.

ПРУ – защитное сооружение, предназначенное для укрытия населения от поражающего воздействия ионизирующих излучений и для обеспечения его жизнедеятельности в период нахождения в укрытии.

Укрытия простейшего типа выполняются в виде щелей, траншей, землянок, подвалов. Кроме того, в качестве такого рода укрытий используются цокольные и первые этажи зданий. Строительство укрытий простейшего типа позволяет в короткий срок обеспечить защиту людей от поражающих факторов ЧС.

Убежища гражданской обороны классифицируют:

- 1) по назначению:
 - а) для защиты работников предприятий и населения;
 - б) для размещения органов управления и медицинских учреждений;
- 2) по месту расположения:
 - а) встроенные;
 - б) отдельно стоящие;
 - в) в метрополитенах и горных выработках;

- 3) по вместимости:
 - а) малые – до 600 человек;
 - б) средние – от 600 до 2 тыс. человек;
 - в) большие – свыше 2 тыс.;
- 4) по срокам строительства:
 - а) возводимые заблаговременно – по соответствующим планам в мирное время;
 - б) быстровозводимые – строятся в угрожаемый период, в первую очередь на предприятиях и в организациях, продолжающих работать в военное время;
- 5) по защитным свойствам подразделяются на четыре класса:
 - а) 1-го класса ($K_{\text{заш}} > 5000$);
 - б) 2-го класса ($K_{\text{заш}} > 3000$);
 - в) 3-го класса ($K_{\text{заш}} > 2000$);
 - г) 4-го класса ($K_{\text{заш}} > 1000$).

Для защиты населения также используются противорадиационные и другие укрытия.

Противорадиационные укрытия классифицируются по следующим признакам:

- по защитным свойствам;
- по вместимости;
- по обеспечению вентиляции.

По защитным свойствам ПРУ подразделены на 4 группы.

По вместимости ПРУ делятся на укрытия вместимостью 5–50 чел.; 50 чел. и более.

По обеспечению вентиляцией ПРУ делятся на сооружения с естественной вентиляцией (в укрытиях, оборудуемых в цокольных и первых этажах зданий и в заглубленных укрытиях вместимостью до 50 чел.) и имеющие вентиляцию с механическим побуждением.

Убежища и ПРУ возводятся заблаговременно и обычно размещаются в подвальных и цокольных этажах зданий (сооружений). Место для строительства убежища выбирается с таким расчетом, чтобы оно находилось вблизи наибольшего сосредоточения укрываемых.

Укрытия простейшего типа создаются при необходимости на территории объектов.

16.2.2 Требования к защитным свойствам убежищ и ПРУ

К убежищам:

- убежища должны обеспечивать надежную защиту укрывающихся в них людей от всех поражающих факторов ЧС;
- ограждающие конструкции убежищ должны иметь необходимые термические сопротивления, предотвращающие прогрев внутренних поверхностей при пожарах;
- инженерно-техническое оборудование убежищ должно обеспечивать пребывание в них людей не менее двух суток.

К противорадиационным укрытиям:

– ПРУ должны обеспечивать защиту укрываемых в них людей от радиации в соответствии с расчетной кратностью ослабления;

– для поддержания жизнедеятельности укрываемых людей ПРУ должны иметь санитарно-технические устройства.

К простейшим укрытиям: простейшие укрытия должны обеспечивать защиту населения от комбинированных поражений.

Защитные сооружения строятся с учетом двоякого их использования, как для производственных и хозяйственно-бытовых нужд, так и для защиты людей от воздействия факторов поражения ЧС.

Фонд защитных сооружений создается за счет республиканских органов государственного управления и иных организаций. Учет и контроль за состоянием и правильностью эксплуатации защитных сооружений ведется:

– на республиканском уровне – МЧС;

– на территориальном уровне – областными и Минским городским управлениями МЧС;

– на местном уровне – городскими (районными) отделами по чрезвычайным ситуациям;

– на территории поселковых и сельских советов – работниками местных исполнительных и распорядительных органов, занимающимися вопросами ГО;

– на отраслевом и объектовом уровне – структурными подразделениями (работниками), занимающимися вопросами гражданской обороны.

Готовность использования защитных сооружений по прямому назначению обеспечивают начальники ГО организаций, на балансе которых находятся данные защитные сооружения.

16.3 Организация и проведение эвакуационных мероприятий

Эвакуационные мероприятия – комплекс мероприятий по осуществлению временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей из зоны ЧС (в военное время – в том числе из зоны возможного поражения) и их размещению в безопасных районах, проводимых заблаговременно и отвечающих условиям жизнеобеспечения, а также сохранности материальных и историко-культурных ценностей.

Эвакуационные мероприятия проводятся в соответствии с планами временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы (далее – планы эвакуации),

Основные эвакуационные мероприятия:

1) до начала эвакуации:

а) оповещение соответствующих руководителей и населения об угрозе возникновения ЧС;

б) приведение в готовность к развертыванию эвакуационных комиссий;

в) уточнение расчетов для вывоза временно отселяемого населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей всеми видами транспорта;

- г) определение маршрутов эвакуации и их подготовка;
 - д) подготовка (оборудование) транспортных средств, защитных сооружений, мест размещения временно отселяемого населения;
- 2) с началом проведения эвакуационных мероприятий:
- а) укрытие населения в защитных сооружениях в местах сбора (приема) отселяемого населения при возникновении ЧС;
 - б) временное отселение населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы, предусмотренные планами эвакуации с учетом сложившейся конкретной обстановки;
 - в) отправка необходимого транспорта в распоряжение групп транспортного обеспечения по указанию эвакуационных комиссий;
 - г) организация учета эвакуационными комиссиями временно отселяемых населения (призывников и военнообязанных запаса совместно с военными комиссариатами) и контроль за их размещением и др.

Критерии для принятия решения на проведение эвакуации населения:

- при радиационных авариях – превышение установленных уровней мощности дозы (50 мкЗв/ч – укрытие в защитных убежищах, 200 мкЗв/ч и более – рассмотрение вопроса о временном переселении населения, 500 мкЗв/ч и более – проведение эвакуационных мероприятий);
- при химическом заражении – превышение пороговых токсодоз СДЯВ;
- нарушение систем жизнеобеспечения населения выше допустимого уровня;
- непосредственная угроза жизни и здоровью населению при нахождении его в зоне ЧС (пожары, наводнения и др.);
- в военное время – нахождение его приграничных районах, местах ведения (возможного ведения) боевых действий.

Проведение эвакуационных мероприятий включает в себя три понятия – это *рассредоточение, частичная эвакуация и общая эвакуация*.

Рассредоточение – когда рабочие и служащие объектов, находящихся в зоне ЧС, продолжают работать на них, но отдыхают в безопасной зоне.

При проведении *частичной эвакуации* предусматривается вывоз из населенных пунктов части населения, не занятого в производстве и сфере обслуживания.

Принимают решение на проведение эвакуационных мероприятий в мирное и военное время и осуществляют общее руководство:

- при локальных чрезвычайных ситуациях – руководители организаций – начальники гражданской обороны организаций;
- при местных чрезвычайных ситуациях – председатели исполнительных комитетов (главы администраций городских районов) – начальники гражданской обороны городов (районов);
- при региональных чрезвычайных ситуациях – председатели исполнительных комитетов – начальники гражданской обороны областей (г. Минска);
- при республиканских и трансграничных чрезвычайных ситуациях – Премьер-министр Республики Беларусь – начальник гражданской обороны Республики Беларусь.

Эвакуация населения организуется комбинированным способом по производственно-территориальному принципу. При этом эвакуация рабочих, служащих и членов их семей осуществляется через предприятия (учреждения организации), остальное население эвакуируется через ЖЭС по месту жительства. Особое внимание уделяется наиболее уязвимым категориям: инвалиды, больные, беременные женщины, женщины с детьми до 10 лет.

При этом выбор безопасных районов для размещения временно отселенного населения, эвакуируемых материальных и историко-культурных ценностей предусматривается соответствующими эвакуационными комиссиями по согласованию с исполнительными и распорядительными органами этих районов.

В целях создания условий жизнеобеспечения отселенного населения исполнительными и распорядительными органами предусматриваются имеющиеся общественные и административные здания большой вместимости (санатории, пансионаты, дома отдыха, школы и др.), а также жилые дома, отапливаемые дома дачных кооперативов и садоводческих товариществ с согласия их собственников (владельцев).

Для организации и проведения мероприятий по рассредоточению и эвакуации создаются эвакуационные органы.

1. *Эвакуационные комиссии.* Они создаются республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами, другими организациями.

Председателем эвакуационной комиссии назначается, как правило, заместитель руководителя данной организации. Численность персонала эвакуационной комиссии и её состав определяется соответствующим начальником гражданской обороны исходя из объемов планируемых эвакуационных мероприятий.

Главными обязанностями эвакуационной комиссии являются планирование, организация и проведение мероприятий, связанных с эвакуацией населения, а также решение вопросов видов обеспечения этих мероприятий (транспортное, материальное, медицинское и бытовое обслуживание, размещение и трудоустройство людей на новых местах и т. д.).

2. Для непосредственного проведения рассредоточения и эвакуации развертывают *сборные эвакуационные пункты (СЭП)*, которые предназначены для сбора, регистрации и организованной отправки населения в безопасную зону. СЭП могут располагаться непосредственно на предприятиях, в организациях и учебных заведениях. Кроме того, под них также отводят школы, клубы и др. общественные здания, близко расположенные к подъездным путям и площадкам для посадки людей на транспорт. Расположение СЭП на окраине города позволяет ускорить эвакуацию населения в загородную зону.

Каждому СЭП присваивается порядковый номер, за ним закрепляются определенные организации и территория. Общая численность СЭП может быть 15–20 человек, в составе могут быть медицинские работники.

3. *Промежуточные пункты эвакуации (ППЭ)* организовываются для эвакуируемого пешим порядком населения, районы размещения которого назначены на удалении более суточного перехода. Они располагаются за пределами опасных зон в населенных пунктах, находящихся вдоль эвакуационных маршрутов

и вблизи дорог, чтобы облегчить вывоз с них людей транспортом в конечные пункты эвакуации. ППЭ предназначены для кратковременного отдыха прибывающего населения, обогрева, питания и мер обслуживания людей и отправки их к местам постоянного расселения.

4. *Пункты погрузки* предназначаются для отправки населения железнодорожным, автомобильным и водным транспортом в безопасную зону. Они организуются на ж/д вокзалах, станциях, в портах и на пристанях.

5. *Пункты управления транспортными средствами.*

6. *Пункты высадки* располагаются вблизи мест расселения эвакуируемого населения.

7. *Приемные эвакуационные пункты (ПЭП)* временно отселяемого населения и эвакуируемых материальных и историко-культурных ценностей. Они предназначены для обеспечения приема, регистрации и непосредственного расселения прибывших людей. ПЭП размещаются в общественных зданиях и обслуживаются рабочим аппаратом численностью 30–40 чел.

Пешие колонны формируются в количествах от 500 до 1000 чел. по производственно-территориальному принципу. Во главе колонн ставятся опытные руководители. Колону разбивают на группы по 20–30 чел. (в каждой группе назначается старший группы). Скорость движения пешей колонны 3–5 км/час. Первый привал (10–15 минут) через 2 часа, затем через 1–1,5 часа движения. Большой привал продолжительностью 1–2 часа назначается в начале второй половины суточного перехода.

Для вывоза населения автомобильным транспортом формируются автоколонны по 20 машин. Движение колонны осуществляется по утвержденному графику и маршруту. Назначается начальник колонны.

Вывоз населения из городов железнодорожным транспортом производится по уплотненному графику пассажирскими или грузовыми поездами, при этом к ним цепляются дополнительные вагоны.

В населенных пунктах, расположенных на берегах рек и водохранилищ, для перевозки населения может использоваться также водный транспорт.

16.4 Применение средств индивидуальной защиты и средств биологической и медицинской защиты

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты человека от радиоактивных, отравляющих, сильнодействующих ядовитых веществ и бактериальных средств.

16.4.1 Классификация средств индивидуальной защиты (СИЗ)

Средства индивидуальной защиты можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по назначению:
 - а) средства защиты органов дыхания;
 - б) средства защиты кожи;

- 2) по принципу защитного действия:
 - а) фильтрующие (основаны на очистке вдыхаемого воздуха от токсичных аэрозолей и паров в фильтрующе-поглощающей системе);
 - б) изолирующие (основаны на изоляции органов дыхания, очистке вдыхаемого воздуха от диоксида углерода и воды и обогащении его кислородом без обмена с окружающей средой);
- 3) по способу изготовления:
 - а) изготовленные промышленностью;
 - б) изготовлены из подручных материалов.
- 4) по формам обеспечения:
 - а) табельные, обеспечение которыми предусматривается табелем (нормами) для данной организации (формирования);
 - б) нетабельные, предназначенные для обеспечения формирований в дополнение к табельным или вместо них.

16.4.2 Средства защиты органов дыхания

Среди средств защиты органов дыхания выделяют:

- 1) фильтрующие:
 - а) фильтрующие противогазы: гражданские (ГП-5, ГП-7), общевоинские, детские (ДП-6, ДП-6м, ПДФ-Д, ПДФ-Ш), промышленные;
 - б) респираторы (взрослые Р-2; детские Р-2Д, промышленные РПГ-67, РУ-60 М);
 - в) простейшие средства защиты (ватномарлевые повязки, противопыльная тканевая маска);
- 2) изолирующие противогазы: ИП-4, ИП-5, КИП-5, КИП-7.

Противогазы. Предназначены для защиты органов дыхания и глаз человека от воздействия СДЯВ (ОВ), РВ, БО и др. Они бывают *фильтрующими* и *изолирующими*.

Устройство *фильтрующих противогазов* основано на принципе очистки зараженного воздуха во внутренних слоях фильтрующе-поглощающей коробки. Для защиты органов дыхания взрослого населения используются ГП-5, ГП-7.

Для защиты детей в возрасте до 1,5 лет имеются камеры защитные детские КЗД-4, КЗД-6.

Промышленные противогазы предназначены для защиты от СДЯВ. Они конструктивно отличаются от фильтрующих противогазов коробкой, которая может быть поглощающей или фильтрующе-поглощающей. Поглощающая коробка окрашивается в определенный цвет в зависимости от наличия в ней специальной шихты, улавливающей только некоторые ядовитые вещества.

Фильтрующе-поглощающая коробка имеет, кроме шихты, фильтр, задерживающий все аэрозоли. Для отличия эти коробки помечены на передней части белой вертикальной полосой.

Пользование промышленными противогазами аналогично правилам пользования гражданскими и общевоинскими противогазами.

Изолирующие противогазы (ИП-4, ИП-6) или кислородоизолирующие приборы (КИП-5, КИП-7) полностью изолируют органы дыхания человека от наружного

воздуха; дыхание осуществляется за счет высвобождающегося из регенеративного патрона или подаваемого из кислородного баллона кислорода. Эти типы противогазов и приборов используются:

- при проведении различных видов разведки в очаге поражения;
- при высоких концентрациях ОВ;
- при утечке СДЯВ;
- при высоких концентрациях оксида углерода;
- при недостатке кислорода в окружающей среде (менее 18 %).

Респираторы. Представляют собой фильтрующую полумаску, многократного пользования, предназначенную для защиты органов дыхания от радиоактивной и грунтовой пыли. Кроме того, респиратор в значительной мере снижает опасность поражения биологическими агентами и ядовитыми дымами. Время непрерывного пребывания в респираторе – до 12 ч.

Простейшие средства защиты органов дыхания. К этим средствам относятся: противопыльные тканевые маски ПТМ-1 и ватно-марлевые повязки МВП. Они просты по своему устройству, могут изготавливаться самим населением и поэтому рекомендуются в качестве массового средства защиты.

Средства защиты кожи предназначаются для защиты открытых участков кожи, одежды, обуви и снаряжения от попадания на них капельно-жидких СДЯВ, возбудителей инфекционных заболеваний, радиоактивных веществ и т. п. Они делятся на *табельные (ОЗК, Л-1)* и *подручные (предметы бытовой одежды)*.

По принципу действия табельные средства делятся на фильтрующие (воздухонепроницаемые) и изолирующие (воздухонепроницаемые).

К фильтрующим средствам защиты кожи относится комплект фильтрующей одежды ЭФО-58; к изолирующим – комплект ОЗК, легкий защитный костюм Л-1 и защитный комбинезон.

Изолирующие средства защиты. Такие средства используются:

- при проведении различных видов разведки в очаге заражения;
- при утечке ОВ, СДЯВ, обладающих кожно-резорбтивным или прижигающим действием;
- при выполнении дегазационных, дезактивационных и дезинфекционных работ.

Пребывание в изолирующей одежде ограничено по времени из-за нарушения теплоотдачи и теплообмена, что будет способствовать резкому перегреванию организма, и зависит от температуры окружающей среды.

16.4.3 Средства биологической и медицинской защиты

Эти средства предназначены для профилактики и оказания первой медицинской помощи населению, подвергшемуся воздействию радиационных, химических и других поражающих факторов ЧС. К средствам биологической и медицинской защиты относятся аптечки индивидуальные, перевязочные средства (индивидуальный перевязочный пакет типа ИПП-1), средства санитарной обработки (индивидуальный противохимический пакет типа ИПП-11), средства иммобилизации (шина проволочная длиной 80 см и 120 см по одной на каждое санитарное

звено), средства транспортировки пострадавших (ляжка санитарная по 2 шт. и носилки санитарные по 1 шт. на каждое санитарное звено).

Аптечка индивидуальная – предназначена для индивидуальной профилактики радиационных, химических, биологических (бактериологических) поражений, а также для оказания первой медицинской помощи при травматических поражениях.

Перечень препаратов, входящих в состав аптечки индивидуальной (типа АИ-4) для защиты населения в системе гражданской обороны является секретным. Основу данных аптечек составляют радиозащитные средства, антитоксические препараты, противобактериальные препараты, противорвотные средства [3].

16.5 Организация медико-санитарного обеспечения при террористических актах с использованием опасных химических и отравляющих веществ

Террористические акты осуществляются по политическим, экономическим, религиозным, криминальным мотивам. Основной целью их является устрашение и социальный прессинг. Необходимо помнить, что при террористических актах страдают, как правило, невинные люди.

Основным ответом медицинской службы на проведение террористических актов является степень и уровень подготовленности как руководителей, так и врачей первого контакта. Адекватное обеспечение ресурсами сил и средств, привлекаемых для оказания экстренной медицинской помощи. Теоретическая, практическая подготовка специалистов на местах и своевременное последипломное обучение.

16.5.1 Террористические взрывы

Террористические взрывы чаще всего происходят на улице, общественных местах и транспорте. Поражение людей происходит за счет подрыва взрывных устройств, а также за счет столкновения транспортных средств, возникновения пожара, обрушения зданий и сооружений. Необходимо учитывать вероятность повторного взрыва радиоуправляемого взрывного устройства от звонка по телефону сотовой связи. Повторные взрывы террористы планируют после начала мероприятий по спасению пострадавших для увеличения количества жертв.

Основными поражающими факторами при взрыве, вызывающими человеческие жертвы и большие разрушения, являются воздушная ударная волна, термическое, фугасное, осколочное действие, воздействие токсичных веществ продуктов взрыва или токсических соединений, образовавшихся при последующем пожаре. Газообразные продукты взрыва, соприкасаясь с воздухом, нередко воспламеняются, что может вызывать пожар.

Важное значение придается психологическому фактору, обусловленному внезапностью взрыва, массовыми жертвами, неподготовленностью населения и служб спасения к массовой травме в неожиданных местах. Вследствие этого

наступает дезориентация, страх и паника в первые минуты после взрыва, а также боязнь возможного повтора взрывов в ближайший период. При этом количество травмированных и погибших вследствие паники может быть больше, чем непосредственно от поражающих факторов взрыва.

Ударная волна. Основными параметрами, определяющими интенсивность ударной волны, являются избыточное давление во фронте и длительность фазы сжатия. Эти параметры зависят от массы заряда взрывчатого вещества (далее – ВВ) определенного типа (т. е. энергии взрыва), высоты, условий взрыва и расстояния от эпицентра. Особенно поражающие свойства ударной волны проявляются при взрывах в закрытых помещениях, подземных переходах, станциях метро.

Термические и механические повреждения. Наиболее характерные травмы, вызванные взрывами, – это ранения, ушибы, переломы костей, разрывы и раздавливание тканей, поражение электрическим током, ожоги, отравления. Некоторые химические соединения на воздухе при соприкосновении с влагой и другими химическими веществами взрываются, вызывая термохимические ожоги.

Для увеличения поражающего фактора террористы применяют оболочечные устройства. Дополнительные поражающие элементы могут располагаться в самом ВВ, между ВВ и корпусом устройства. В виде засыпок используют рентгенконтрастные материалы (шарики, гвозди, гайки, болты и др.), рентгенонегативные материалы (стекло, керамика, армированные пластмассы). Поэтому при оказании специализированной медицинской помощи следует учесть механогенез огнестрельной раны, а также первичное инфицирование огнестрельной раны и возможность развития раневой инфекции в отдаленный период.

Признаки, свидетельствующие об угрозе взрыва. На угрозу взрыва в доме может указывать запах газа и возникшее задымление. Около квартиры – следы ремонтных работ, участки стены с нарушенной окраской, отличающейся от общего фона.

В общественных местах и транспорте должны обращать на себя внимание оставленная сумка (портфель, сверток, коробка), наличие подозрительных проводов.

Медицинская характеристика. Основными критериями, определяющими количество пораженных при взрыве, являются: вид взрывного устройства, мощность взрыва, место взрыва и время суток. В зависимости от количества и локализации повреждения могут быть изолированными (множественными (ранения несколькими ранящими снарядами одной или нескольких анатомических областей) и сочетанными (ранения нескольких анатомических областей) одним ранящим снарядом), комбинированными (например, механические повреждения + ожог). По тяжести повреждений – легкие, средней тяжести, тяжелые и крайне тяжелые.

Степень поражения людей в основном зависит от величины избыточного давления. При этом прогноз:

- при крайне тяжелых состояниях – смертельный исход от полученных травм;
- при тяжелом поражении – значительная контузия всего организма, повреждение внутренних органов, головного мозга, переломы конечностей и позвоночника. Возможен летальный исход;

– при средней тяжести – серьезные контузии, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей, вывихи и переломы конечностей. Угрозы жизни нет;
– при легкой степени – легкая контузия всего организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей. Прогноз благоприятный.

При взрывах, как правило, имеется одновременное воздействие ударной волны, вторичных осколков, высокотемпературных газовых потоков, отравление продуктами горения. Возможно возникновение синдрома длительного сдавливания при обрушении конструкций. Поэтому взрывная травма должна рассматриваться как особый вид политравмы.

16.5.2 Организация и особенности оказания экстренной медицинской помощи

Догоспитальный этап. Неотложные мероприятия по спасению пострадавших оказывают аварийно-спасательные службы, население. Медицинскую помощь оказывает служба скорой (неотложной) помощи. Особенность – у 10–15% пораженных от взрыва нельзя определить ведущее повреждение. Основная тактика – скорейшая доставка пораженных в медицинские учреждения. Обращается внимание на своевременность проведения противошоковых мероприятий, остановки кровотечения, транспортной иммобилизации.

Госпитальный этап. Рациональное сочетание комплексных противошоковых и активных диагностических мероприятий (для тяжелораненых по возможности непосредственно на операционном столе). Очередность вмешательств определяется с учетом степени опасности для жизни. Целесообразно для диагностики лечения привлекать врачей нескольких клинических специальностей (с учетом политравмы).

16.5.3 Организация медико-санитарного обеспечения при террористических актах с использованием опасных химических и отравляющих веществ

При совершении террористических актов наиболее вероятно использование высокотоксичных химических и отравляющих веществ, обладающих наибольшим ингаляционным и (или) кожно-резорбтивным токсическим действием, не обладающих скрытым периодом действия, имеющих сравнительно большое давление насыщенного пара, которые легко изготовить в производственных и лабораторных условиях или приобрести под видом использования для бытовых нужд.

Для химического терроризма наиболее приемлемо использование боевых отравляющих веществ. Наиболее вероятно применение зарина, CR (Си-Ар), CS (Си-Эс), хлорацетофенона, хлора, хлорацетона, бромацетона, фосгена, хлорпикрина, люизита, иприта, азотистых ипритов, синильной кислоты, хлорциана, метилмеркаптана, сероуглерода, бромциана, бромметана, аммиака.

Оценка медико-санитарных последствий террористических актов. Специфика медико-санитарных последствий при химическом терроризме обусловлена:

– многообразием веществ химической природы, используемых при террористических актах, а отсюда разнообразие (полиморфность) вариантов и сроков развития поражений;

- использованием для террористических целей высокотоксичных веществ;
- неизвестностью вещества (особенно в первые часы после возникновения инцидента);
- внезапностью развития ситуации;
- возникновением инцидента в любом непредвиденном месте, как правило, в местах массового скопления людей (в помещениях, на транспорте);
- одномоментном массовом поражении людей;
- необходимостью оказания специализированной медицинской помощи значительному числу пораженных;
- незнанием (недостаточным уровнем знаний) специалистов местных органов здравоохранения вопросов организации оказания медицинской помощи при массовых поражениях;
- низким уровнем специальных знаний по оказанию медицинской помощи при химической травме неясной этиологии;
- трудностями оперативного прогнозирования развития аварийной ситуации;
- зачастую неизвестностью путей поступления вещества (веществ) в организм;
- неопределенностью знаний, до идентификации вещества, о его стойкости в объектах окружающей среды, приводящей к затруднению решений о необходимости (или ее отсутствии) обработки загрязненных поверхностей;
- необходимостью срочной расшифровки вещества, явившегося причиной инцидента, и экспрессного определения уровней и масштабов загрязнений, что затруднено в связи с низким техническим уровнем по индикации веществ и недостаточной подготовленностью специалистов;
- возникновением паники.

Масштабы медико-санитарных последствий террористических актов могут быть весьма различными и зависят не только от степени токсичности и количества использованного при террористическом акте химического вещества и его количества, но и от места, времени, метеорологических (микrokлиматических) и др. условий, а также количества людей, оказавшихся в зоне поражения, оперативности и полноты мероприятий по их защите, эвакуации и других факторов.

Ни население, ни государственные службы не ждут применения отравляющих веществ. Население в мирное время абсолютно не защищено от ОВ и может не сразу обнаружить их действие. При этом количество пораженных в толпе, например, находящейся в замкнутом пространстве, может измеряться тысячами, что показал террористический акт в японском метрополитене. Следует отметить, что вентиляционные системы могут способствовать распространению ОВ по помещениям.

Действие различных типов ОВ на человека сопровождается крайне тяжелыми клиническими проявлениями (тяжелейшие судороги, рвота, выраженные болевые эффекты, психозы, галлюцинации и др.). Таким образом, спецслужбам и медикам следует ожидать таких симптомов поражения, которые потребуют особых приемов, навыков, технических средств и просто огромных физических усилий

даже при оказании первой помощи и госпитализации пострадавших. Причем специальные группы, оказывающие помощь пострадавшим, будут в средствах защиты, а пострадавшие – нет. Это будет оказывать крайне тяжелое психическое воздействие на людей, которые могли и не получить тяжелых поражений.

Прогнозировать количество пораженных при террористических актах с применением химических веществ практически невозможно, но предполагается, что они будут большими, чем при выбросе промышленных СДЯВ.

Необходимо помнить, что организации здравоохранения, медицинские формирования и аварийно-спасательные команды, как правило, не имеют в достаточном количестве средств экспресс-индикации отравляющих веществ.

Наиболее вероятными зонами проведения террористических актов в условиях города могут быть замкнутые пространства, в которых возможно создание высоких (смертельных) концентраций ОХВ (ОВ) – залы, здания, метро, туннели и другие.

Оказание медицинской помощи в режиме повышенной готовности (при угрозе террористической акции с применением ОВ). Служба скорой (неотложной) медицинской помощи, медицинские формирования создают резервные бригады, пополняют antidotes, медикаменты. При необходимости выдвигают в район вероятного совершения террористического акта оперативные группы, необходимые силы и средства.

Оказание медицинской помощи в режиме чрезвычайной ситуации:

- отправка специалистов в район террористического акта;
- идентификация химических агентов террористического акта;
- определение уровней загрязнения окружающей среды и степени опасности произошедшего инцидента;
- прогноз развития ситуации (масштаб инцидента, структура потерь);
- рекомендации по проведению защитных мероприятий (спасатели, медицинский персонал, население);
- санитарно-токсикологическая оценка мест расположения медицинских формирований;
- оказание экстренной медицинской помощи пораженным в очаге (специфическая antidotalная терапия, оказание помощи по неотложным показаниям);
- оказание специализированной медицинской помощи;
- проведение обследования людей, находящихся в зоне аварии, с помощью экспрессных методов и диагностических тестов в соответствии со специфическими особенностями действия вещества, явившегося причиной террористического акта;
- установление степени воздействия вещества на людей по клиническим проявлениям основного симптомокомплекса интоксикации, а также по результатам диагностического тестирования;
- установление вещества, использованного в ходе террористического акта, по данным клинико-лабораторных исследований в случае не идентифицированного химического агента;
- оценка степени загрязнения пораженных и целесообразность проведения санитарной обработки;

- проведение санитарной обработки кожных покровов, слизистых оболочек глаз, полости рта и оценка ее эффективности;
- выдача рекомендаций врачам лечебно-профилактических учреждений в районе инцидента.

Первые признаки применения террористами ОВ в местах массового скопления людей:

- разлив неизвестной жидкости по поверхности;
- появление капель, дымов и туманов неизвестного происхождения;
- специфические посторонние запахи;
- крики о помощи, возникшая паника, начальные симптомы поражения;
- показания приборов химической разведки и контроля (при их наличии).

В случае совершения террористического акта с применением ОВ задачами первоочередной важности будут являться незамедлительное и эффективное проведение экстренных мероприятий по защите населения:

- своевременная эвакуация из зон возможного загрязнения;
- использование средств индивидуальной и коллективной защиты;
- своевременный розыск, сбор, вывоз пораженных и оказание им первой помощи;
- постоянное информирование населения об обстановке и разъяснение правил поведения.

Принципы проведения лечебно-эвакуационных мероприятий (в том числе и медицинской сортировки) такие же, как при химических авариях [28].

16.6 Мероприятия по радиационной защите

16.6.1 Противолучевые защитные мероприятия

В случае аварии на радиационном объекте может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов народного хозяйства, а также окружающей природной среды.

Радиационная защита – это комплекс мер, направленных на ослабление или исключение воздействия ионизирующего излучения на население, персонал радиационных объектов, биологические объекты природной среды, а также на предохранение природных и техногенных объектов от загрязнения радиоактивными веществами и удаление этих загрязнений. Она осуществляется проведением комплекса мероприятий, которые условно можно разделить на 4 группы: организационные, инженерно-технические, санитарно-гигиенические и медико-профилактические.

Конечная цель всех защитных мероприятий – не допустить облучения людей или, если оно произошло, предотвратить негативные последствия. Методы защиты от радиации можно разделить на физические и химические. К физическим методам относятся: защита расстоянием, защита количеством, защита временем, применение защитных экранов.

Наиболее эффективным способом защиты является *защита расстоянием*, т. е. удаление от источника излучения. Это объясняется тем, что доза, получаемая человеком при внешнем облучении от точечного источника гамма-излучения, пропорциональна активности A , времени облучения t и обратно пропорциональна квадрату расстояния r до источника:

$$D \sim \frac{At}{r^2}.$$

При соответствующем расстоянии эту дозу можно сделать сколь угодно малой. Для этого при работе с радиоактивными веществами применяются роботизированные комплексы, манипуляторы, удлинённые держатели или захваты и др.

Защита количеством подразумевает проведение работы с минимальными количествами радиоактивных веществ, в итоге пропорционально сокращается активность источника и получаемая от него доза.

Защита временем основана на максимально возможном сокращении времени работы с источниками излучений. Этот способ находит особенно широкое применение при работе с источниками малой активности при непосредственном контакте с ними. Так, при внутривидовой терапии медицинский персонал производит непосредственные манипуляции с гамма-источниками в виде цилиндров и бусинок. Предварительное обучение на неактивных моделях этих препаратов доводит навыки в работе персонала до высокой степени автоматизма и позволяет резко сократить время непосредственного контакта с источником. Очень велика значимость временного фактора в практике рентгенодиагностических процедур (особенно рентгеноскопии). Чем выше квалификация врача-рентгенолога, тем меньше ему требуется времени на постановку диагноза и тем ниже дозовая нагрузка на персонал и пациента. В широком понимании метод «защиты временем» лежит и в основе сокращения рабочего дня персонала, что приводит не только к уменьшению дозы облучения до допустимой, но и к увеличению времени действия защитных процессов в организме, когда он находится вне воздействия радиации.

Защита временем и расстоянием далеко не всегда даёт возможность уменьшить дозу облучения до предельно допустимых значений. В таких случаях применяют специальные *защитные экраны*. Под термином «экран» понимают стационарные или передвижные ограждения, предназначенные для поглощения или ослабления ионизирующего излучения.

По своему назначению защитные экраны разделяются на пять видов:

- защитные контейнеры, в которые помещаются радиоактивные препараты, они широко используются при транспортировке источников излучений;
- защитные экраны для оборудования (экранами полностью окружают все рабочее оборудование);
- передвижные защитные экраны, этот тип защитных экранов применяется для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны;

– защитные экраны, монтируемые как части строительных конструкций (стены, перекрытия полов и потолков, специальные двери и т. д.), такой вид защитных экранов предназначается для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал, и прилегающей территории;

– экраны индивидуальных средств защиты (щиток из оргстекла, просвинцованные перчатки, фартуки и др.).

Частным случаем защиты расстоянием является [дезактивация](#).

Дезактивация – удаление или снижение степени радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды. Другими словами, дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с зараженной территории, с поверхности зданий, сооружений, техники, одежды, средств индивидуальной защиты, воды, продовольствия. Качество дезактивации характеризует коэффициент дезактивации (КД).

Можно выделить следующие основные способы дезактивации:

– жидкостные (струей воды, дезактивирующими растворами, пеной (поверхностно-активными веществами), стиркой и экстракцией);

– безжидкостные (струей газа (воздуха), пылеотсасыванием, механическим снятием загрязненного слоя, изоляцией загрязненной поверхности);

– комбинированные (паром, при помощи затвердевающих пленок, фильтрацией, использованием сорбентов).

16.6.2 Дегазация, виды, методы проведения

Дегазацией называют обезвреживание и удаление отравляющих и высокотоксичных веществ (ОВТВ) с зараженных предметов.

В зависимости от обстановки и наличия средств различают дегазацию частичную и полную.

Частичная дегазация заключается в обработке тех поверхностей техники, с которыми соприкасаются ликвидаторы при выполнении задачи.

Полная дегазация заключается в полном обезвреживании ОВ на всех поверхностях. Проводится при выполнении задачи на незараженной местности.

Все работы по частичной и полной дегазации проводятся в индивидуальных средствах защиты.

Во внешней среде ОВ подвергаются действию солнечной радиации, влаги, воздуха, что приводит к испарению, гидролизу ОВ. Такое обезвреживание ОВ называется естественной дегазацией. При заражении предметов нестойкими ОВ и парами стойких отравляющих веществ (СОВ) естественная дегазация происходит довольно быстро (минуты, часы), при заражении предметов капельно-жидкими ОВ, имеющими малую летучесть, их обезвреживание в естественных условиях затягивается на многие дни и даже недели. В связи с этим, возможности практического использования *естественной* дегазации весьма ограничены, поэтому ведущее значение имеет *искусственная* дегазация.

Различают *четыре* способа искусственной дегазации:

– механический;

– физический;

– химический;

– смешанный.

Механический метод главным образом предназначен для дегазации местности. Заключается в удалении, срезании слоя грунта, снега, с последующей их изоляцией (закапыванием).

Физический метод основан на испарении ОВ зараженных поверхностей высокой температурой, смыванием ОВ растворителями, адсорбцией ОВ.

Химический метод основан на химическом взаимодействии химических веществ с ОВ, в результате чего образуются нетоксичные соединения.

Смешанный метод является сочетанием нескольких способов.

16.6.3 Защита от излучений

Кратко рассмотрим особенности защиты от разных излучений. При внешнем облучении альфа-активные радионуклиды не представляют практической опасности. Основную опасность они представляют при попадании внутрь организма человека. Для предотвращения внутреннего облучения используют средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожных покровов.

Пробеги бета-частиц в воздухе не превышают 20 м. Поэтому при таких (и больших) расстояниях бета-излучатель абсолютно не опасен. При меньших расстояниях бета-излучение в значительной степени задерживается одеждой, а если и достигает тела, то проникает на глубину всего лишь нескольких миллиметров.

Наибольшую опасность внешние потоки бета-частиц представляют для хрусталика глаза. Для защиты глаз применяются очки из органического стекла или прозрачные плексигласовые щитки. Для защиты кожи рук рекомендуется применять защитные перчатки. Для предотвращения попадания бета-активных радионуклидов внутрь организма используют средства индивидуальной защиты.

Для защиты от гамма-излучения применяют все рассмотренные выше физические методы.

Химический метод защиты от радиации основан на том, что определенные химические вещества либо прерывают, либо ослабляют реакции, идущие в облученной клетке. Вещества, ослабляющие воздействие ионизирующего излучения на организм называются *радиопротекторами*. Наиболее эффективными радиопротекторами являются препараты, относящиеся к двум классам химических соединений: меркаптоалкиламины и аминокэтиолы, содержащие серу, и индолалкиламины, в частности, серотонин. Серотонин является важнейшим естественным радиопротектором, постоянно присутствующем в человеческом организме.

Противолучевая химическая защита – введение радиопротектора в организм перед облучением. Такая защита применяется при кратковременном воздействии излучений, при длительном облучении малыми дозами, при лучевой терапии.

Некоторой радиопротекторной эффективностью обладают вещества природного происхождения: витамины, биостимуляторы. Такие препараты, как настойки женьшеня, элеутерококка, китайского лимонника повышают устойчивость организма к самым разным воздействиям, включая радиацию.

Внутреннее облучение, в сравнении с внешним, представляет гораздо большую опасность. Радионуклиды, попадающие внутрь организма, накапливаются в отдельных органах и тканях и облучают их в течение продолжительного времени. Поэтому предварительное применение радиопротекторов, даже длительно

действующих, неэффективно. В этом случае важно не допустить всасывание радиоизотопов внутрь организма. Это достигается приемом препаратов, сорбирующих радионуклиды, промыванием желудка, клизмами, заменой радионуклидов стабильными изотопами.

Для защиты щитовидной железы взрослых и детей от воздействия радиоактивных изотопов йода проводится йодная профилактика. Она заключается в приеме стабильного йода на ранней стадии аварии, до попадания в организм его радиоактивных изотопов. Лекарственные средства, содержащие стабильный йод, применяемые для защиты организма человека при радиационных авариях.

Максимальный защитный эффект (снижение дозы облучения примерно в 100 раз) достигается при предварительном, перед поступлением радиоактивного йода, приеме его стабильного аналога. Защитный эффект йодной профилактики значительно снижается при ее проведении более чем через два часа после начала облучения.

16.7 Общий порядок реагирования на радиологические чрезвычайные ситуации

Радиологическая чрезвычайная ситуация (РЧС) – чрезвычайная ситуация, связанная с радиационным облучением людей (в том числе потенциальным) и (или) радиоактивным загрязнением окружающей среды сверх установленных норм. РЧС может возникнуть в результате аварий с радиоактивными источниками или материалами, включая обнаруженный радиоактивный материал, загрязненные территории или предметы, пропавшие или утерянные источники ионизирующих излучений, аварии в научных лабораториях, на промышленных или медицинских объектах, а также аварии на транспорте.

Помимо внешнего облучения, радиационные аварии могут служить причиной загрязнения людей и окружающей среды. В результате пожара или рассеяния под воздействием ветра или вентиляции радионуклиды могут переноситься по воздуху. Ситуация может усугубиться, если авария вовремя не обнаружена и не приняты адекватные меры.

[Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности»](#) устанавливают, что при аварии, повлекшей за собой радиоактивное загрязнение обширной территории, на основании контроля и прогноза радиационной обстановки устанавливается зона радиационной аварии. В зоне радиационной аварии проводится контроль радиационной обстановки и осуществляются мероприятия по снижению уровней облучения населения.

К мероприятиям, способам и средствам, обеспечивающим защиту населения от радиационного воздействия при радиационной аварии, относятся:

- обнаружение факта радиационной аварии и оповещение о ней;
- выявление радиационной обстановки в районе аварии;
- организация радиационного контроля;
- установление и поддержание режима радиационной безопасности;

- проведение при необходимости на ранней стадии аварии йодной профилактики населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий аварии;
- обеспечение населения, персонала, участников ликвидации последствий аварии необходимыми средствами индивидуальной защиты и использование этих средств;
- укрытие населения в убежищах и противорадиационных укрытиях;
- санитарная обработка;
- дезактивация аварийного объекта, других объектов, технических средств и др.;
- эвакуация или отселение населения из зон, в которых уровень загрязнения или дозы облучения превышают предельно допустимые.

Выявление радиационной обстановки проводится для определения масштабов аварии, установления размеров зон радиоактивного загрязнения, мощности дозы и уровня радиоактивного загрязнения в зонах оптимальных маршрутов движения людей, транспорта, а также определения возможных маршрутов эвакуации населения и сельскохозяйственных животных.

Радиационный контроль в условиях радиационной аварии проводится с целью соблюдения допустимого времени пребывания людей в зоне аварии, контроля доз облучения и уровней радиоактивного загрязнения.

Режим радиационной безопасности обеспечивается установлением особого порядка доступа в зону аварии, зонированием района аварии; проведением аварийно-спасательных работ, осуществлением радиационного контроля в зонах и на выходе в «чистую» зону и др.[14].

16.8 Борьба с пандемией

Для того чтобы уменьшить возможно катастрофические последствия пандемии, кроме накопления противовирусных медикаментов и вакцин, нужно предпринять дополнительные меры. Для уменьшения последствий пандемии потребуется добиться координации международных усилий по быстрому и эффективному обмену здравоохранительной информацией о вспышках заболевания. Потребуется высокий уровень международного сотрудничества по быстрому распространению эффективных противовирусных терапий и проведению здравоохранительных мероприятий по предотвращению распространения пандемии.

На многие из вопросов, отражающих характер новой пандемии, если она возникнет, у учёных нет ответа, только предположения. Нам неизвестно, ни в какой степени вирус будет передаваться от человека к человеку, ни как быстро будет географически распространяться, ни насколько смертелен он будет. Но исследователи предполагают, что будет трудно без больших усилий сдержать вспышку в точке (или в точках), откуда эпидемия начнёт распространяться. Если это не удастся, то в течение нескольких месяцев вирус может распространиться по всему миру.

Необходимость сдержать распространение новой пандемии будет требовать того, чтобы органы здравоохранения и местные власти быстро и стратегически распространили среди населения до нескольких миллионов доз антивирусных препаратов (например, «осельтамивир» или «занамивир»), тамифлю. Придётся провести много других здравоохранительных мероприятий: например, временно ограничить передвижение населения. Исследования, моделирующие вспышку эпидемии и эффективность здравоохранительных мероприятий, продолжаются.

Меры борьбы с заболеваниями:

1. Профилактические меры:

- обязательно использовать индивидуальную аптечку АИ-2, таблетки олететрина, норсульфазола, тетрациклина гидрохлорида;
- повысить устойчивость организма к возбудителям инфекций с помощью предохранительных прививок;
- носить ватно-марлевые повязки;
- ограничить скопления людей и их контакты.

2. При появлении больных необходимо:

- немедленно сообщить об этом в медицинское учреждение, больного изолировать;
- провести дезинфекцию помещений;
- ужесточить правила личной гигиены, активно выявлять и госпитализировать больных;
- в случае возникновения очага инфекционного заболевания ввести карантин и обсервацию.

Тема 17. Защита населения от вредного влияния окружающей среды

17.1 Организация проведения йодной профилактики

Йодная профилактика – эффективный метод защиты щитовидной железы от воздействия радиоактивных изотопов йода, поступающих в организм человека. В качестве средства йодной профилактики используется калия йодид в таблетках (срок годности – 4 года), запасы которого должны создаваться для всего населения, проживающего в 30-км зоне от объекта расположения ядерного объекта.

Йодид калия обеспечивает защиту щитовидной железы от поступления радиоактивного йода, а в случае проникновения последнего в щитовидную железу снижает ее облучение с эффектом до 95 %. В зависимости от возраста и физиологического состояния человека, йодид калия применяется так, как это указано в таблице 17.1.1.

Таблица 17.1.1. – Применение йодида калия

Категория населения	Порядок применения йодида калия
Взрослые	По 1 табл. (0,125 гр.) один раз в сутки в течение всего срока выброса радиоактивных веществ, но не более 10 суток
Дети от 3 до 14 лет	По ½ табл. (0,063 гр.) один раз в сутки до 10 дней
Дети до 3 лет	По ½ табл. (0,063 гр.) один раз в сутки после еды с чаем или другой жидкостью в течении 2 суток
Беременные женщины и кормящие матери	По 1 табл. (0,125 гр.) один раз в сутки в течение 2 суток
Новорожденные, находящиеся на грудном вскармливании	Получают необходимую дозу йодида калия с молоком матери

Организация проведения йодной профилактики и обеспечения населения йодидом калия возлагается на органы власти и руководителей предприятий, учреждений, социальных структур при обязательном контроле и консультациях представителей здравоохранения.

При отсутствии йодистого калия с одинаковым эффектом может применяться 5 %-й спиртовой раствор йода путем нанесения его на область межпальцевых складок или сеточкой на предплечье: ежедневно на одну межпальцевую складку или предплечье, но не более 10 дней.

В крайнем случае, возможно применение настойки йода внутрь по следующей схеме:

– взрослым и детям старше 2 лет – по 3–5 капель на стакан молока или воды 3 раза в день после еды в течение 7 дней;

– детям до 2 лет – по 1-2 капли на 100 мл молока или питательной смеси 3 раза в день в течение 7 дней.

Йодная профилактика максимально эффективна, если она начинается в ближайшие часы после радиационной аварии [24].

17.2 Степень накопления радионуклидов в продуктах питания растительного происхождения. Антидоты. Радиопротекторы

Весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид – *радионуклидом*. Вещества, имеющие в своем составе радиоактивные нуклиды, называют радиоактивными. Физическая величина, характеризующая число радиоактивных распадов в единицу времени, называется активностью нуклида; чем больше радиоактивных превращений происходит в радиоактивном веществе в единицу времени, тем выше его активность.

Основные направления по профилактике радиоактивного загрязнения окружающей среды – это охрана атмосферы Земли как природного экрана, предохраняющего от губительного космического воздействия радиоактивных частиц; соблюдение глобальной техники безопасности при добыче, использовании и хранении

радиоактивных элементов, применяемых человеком в процессе его жизнедеятельности.

Важнейшим фактором предотвращения накопления радионуклидов в организме людей является питание. Особенно это касается защиты организма от долгоживущих радионуклидов, которые способны мигрировать по пищевым цепям, накапливаться в органах и тканях, подвергать хроническому облучению костный мозг, костную ткань и т. п.

Современная концепция радиозащитного питания базируется на трех основных направлениях:

- максимально возможное снижение поступления радионуклидов с пищей;
- торможение процесса сорбции и накопления радионуклидов в организме;
- соблюдение принципов радиозащитного питания; прием радиозащитных препаратов.

Уменьшения поступления радионуклидов в организм с пищей можно достичь при помощи различных технологических приемов. За счет обработки пищевого сырья (тщательного мытья, чистки продуктов, отделения малоценных частей) можно удалить от 20 до 60 % радионуклидов. Так, перед мытьем некоторых овощей целесообразно удалять верхние наиболее загрязненные листья.

Наиболее предпочтительным способом кулинарной обработки пищевого сырья в условиях повышенного загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами является варка. При отваривании значительная часть радионуклидов переходит в отвар. Использовать отвары в пищу нецелесообразно.

Мясо перед приготовлением следует вымачивать в холодной воде. При жарении мяса и рыбы происходит их обезвоживание и на поверхности образуется корочка, препятствующая выведению радионуклидов и других вредных веществ.

Для торможения процесса всасывания и накопления радионуклидов в организме необходимо создать условия для активной перистальтики кишечника, чтобы уменьшить время облучения организма радионуклидами, проникшими в желудочно-кишечный тракт. Этому способствует потребление продуктов, содержащих пищевые волокна: хлеба из муки грубого помола, перловой и гречневой каш, фруктовых и овощных супов, молочных продуктов, содержащих органические кислоты.

Для выведения уже попавших в организм радионуклидов необходима высокобелковая диета. Употребление белка должно быть увеличено не менее чем на 10 % от суточной нормы. Источниками белковых веществ, кроме мяса и молочных продуктов, являются продукты из семян бобовых растений, морская рыба, а также крабы, креветки и кальмары. Достаточный уровень железа препятствует удерживанию в организме плутония (железо содержится в гречихе, подсолнечнике, луке репчатом, тыкве, свекле, яблоках, рябине и др.). Калий и кальций, присутствующие в пищевых продуктах, являются ионными антагонистами цезия и стронция соответственно (калием богаты картофель, петрушка, изюм, курага, орехи; кальций содержат молочные продукты, яйца, рыба).

Профилактика при поступлении радиоактивного йода заключается в ежедневном потреблении солей нерадиоактивного йода (йодида калия).

В желудке радионуклиды находятся в свободном состоянии, не взаимодействуя с химическими компонентами перевариваемых продуктов. Это создает сравнительно благоприятные условия для связывания их радиозащитными веществами, или радиопротекторами.

Антидоты. *Антидотами* (от греч. antidotum – даваемое против) называются лекарственные вещества, применяемые при лечении отравлений и способствующее обезвреживанию яда или предупреждению и устранению вызываемого им токсического эффекта.

В токсикологии, как и в других областях практической медицины, для оказания помощи используют этиотропные, патогенетические и симптоматические средства. Поводом для введения этиотропных препаратов является знание непосредственной причины отравления, особенностей токсикокинетики яда. Симптоматические и патогенетические вещества назначают ориентируясь на проявления интоксикации.

Радиопротекторы. В конце 1940-х – начале 1950-х гг. прошлого века в истории радиобиологии произошло событие, сопоставимое по своей значимости с открытием поражающего действия ионизирующих излучений: открытие радиозащитного эффекта, суть которого заключалась в доказательстве феномена повышения радиоустойчивости организма млекопитающих с помощью химических соединений. Поскольку эти соединения проявляли противолучевое действие только при введении до облучения, они получили название *радиопротекторов*.

По современной классификации к радиопротекторам относятся вещества (препараты или рецептуры), которые при профилактическом применении способны оказывать защитное действие, проявляющееся в сохранении жизни облученного организма или ослаблении степени тяжести лучевого поражения с пролонгацией состояния дееспособности и сроков жизни.

В отличие от других радиозащитных средств, противолучевой эффект для радиопротекторов среди прочих фармакологических свойств является основным. Он развивается в первые минуты или часы после введения, сохраняется на протяжении относительно небольших сроков (до 2–6 ч) и проявляется, как правило, в условиях импульсного и других видов острого облучения.

Действие радиопротекторов направлено прежде всего на защиту костного мозга и других тканей, поэтому препараты этой группы целесообразно применять для профилактики поражений, вызываемых облучением в «костномозговом» диапазоне доз (1–10 Гр).

17.3 Витаминизация как способ сохранения здоровья человека

Витамины – низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, биорегуляторы процессов, протекающих в живом организме. Это важнейший класс незаменимых пищевых веществ. Для нормальной жизнедеятельности человека витамины необходимы в небольших количествах, но так как организм не может удовлетворить свои потребности в них за счет биосинтеза,

потому что он не синтезирует витамины или синтезирует их в недостаточном количестве, они должны поступать с пищей в качестве ее обязательного компонента. Отсутствие или недостаток в организме витаминов вызывает болезни недостаточности: *гиповитаминозы* – болезни в результате длительного недостатка и *авитаминозы* – болезни в результате отсутствия или резко выраженного глубокого дефицита витаминов.

Витамины должны поступать в организм человека постоянно в определенных количествах. Однако содержание витаминов в пищевых продуктах подвержено значительным колебаниям и не всегда полностью обеспечивает потребность в них организма. Эти колебания связаны с сезонными изменениями состава пищевых продуктов, неравномерным употреблением ягод, фруктов, овощей, использованием рафинированных продуктов питания. При хранении пищевых продуктов, их технологической обработке и во время приготовления пищи происходит потеря витаминов и снижается витаминная ценность продуктов. Наибольшие потери витаминов имеют место при технологической обработке продуктов (очистке зерновых оболочек при получении муки высших сортов, рафинировании и гидроировании масел и т. д.) при неправильном приготовлении пищи.

Для эффективного решения проблемы дефицита витаминов среди широких слоев населения различного достатка, обогащать ими следует в первую очередь продукты массового потребления, доступные для всех групп детского и взрослого населения, регулярно используемые в повседневном питании. Обогащенные продукты должны быть привычными для использования и потребления населением или, по крайней мере, его целевыми группами. К таким продуктам относятся мука и хлебобулочные изделия, молоко и кисломолочные продукты, сахар, соль, напитки, продукты детского питания, функциональные продукты.

Избранный для обогащения продукт должен быть подходящим носителем для пищевого вещества. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами не должно ухудшать потребительских свойств этих продуктов: уменьшать содержание и усвояемость других содержащихся в них пищевых веществ, существенно изменять вкус, аромат, свежесть продуктов, сокращать срок их хранения.

Муку и хлеб целесообразно обогащать витаминами группы В, сравнительно хорошо переносящими воздействие высокой температуры в процессе выпечки, тогда как витамин С отличается значительно меньшей устойчивостью. Соответственно, витамин С для обогащения муки и хлеба практически не используется. Вместе с тем включение небольших количеств аскорбиновой кислоты в витаминные и витаминно-минеральные смеси для обогащения муки имеет иные, чисто технологические цели: аскорбиновая кислота ускоряет созревание муки и улучшает ее хлебопекарные свойства.

Довольно трудную в технологическом отношении проблему представляет сочетание в одном продукте аскорбиновой кислоты с солями железа или другими металлами переменной валентности (цинк, медь и др.), катализирующими ее быстрое окисление с утратой витаминной активности, особенно в жидких продуктах:

соках, напитках, молоке и кисломолочных продуктах. Для преодоления этих трудностей разработаны специальные, более стабильные и защищенные от взаимодействия друг с другом формы витаминов и минеральных веществ.

На практике эта проблема обычно решается путем распределения плохо совместимых обогащающих добавок между различными продуктами. Так, муку и хлеб обогащают, как правило, витаминами группы В, кальцием и железом. В соки и напитки чаще всего добавляют витамин С и водорастворимые витамины группы В (В1, В2, В6, В12), никотиновую, пантотеновую, фолиевую кислоты и биотин. Жирорастворимые витамины А, D, Е, К и каротин чаще добавляют в продукты, содержащие жир (растительное, сливочное масло, маргарин, молоко и кисломолочные продукты). Их можно вводить также в соки и напитки, используя специальные растворимые в воде формы этих витаминов.

Для обогащения рациона микроэлементами, такими, например, как йод, фтор и некоторые другие, чаще всего используют пищевую соль, питьевую воду и минерализованные напитки. Специальные, защищенные формы этих микроэлементов позволяют вводить их и в другие продукты, в том числе в сочетании с более или менее полным набором витаминов.

В последние годы накоплен определенный опыт использования как отдельных витаминов, так и поливитаминных смесей для обогащения продуктов питания, которые призваны внести вклад в решение проблемы ликвидации дефицита витаминов.

Раздел 4

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа № 1

Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы, водоемов и территорий твердыми отходами

Цель: определить общий экономический ущерб от промышленного загрязнения воздуха в результате выброса в атмосферу вредных веществ, сброса сточных вод и загрязнения земельных ресурсов твердыми бытовыми отходами.

Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы

Общий экономический ущерб от промышленного загрязнения воздуха в результате выброса в атмосферу вредных веществ $Y_{\text{атм}}$, руб./год, имеет значение

$$Y_{\text{атм}} = Y_{\text{атм}}^{\text{уд}} \cdot M \cdot G_{\text{заг}} \cdot f,$$

где $Y_{\text{атм}}^{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной тонны загрязняющих веществ, руб./усл. т. Ущерб определяется Министерством финансов совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды;

M – приведенная масса годового выброса вредных веществ, усл. т / год;

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

f – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере.

Приведенная масса годового выброса M , усл. т / год, рассчитывается по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot A_i,$$

где m_i – количество поступившего в атмосферу вещества i -го типа, т / год;

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

Показатель относительной агрессивности определяется по формуле

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i,$$

где a_i – показатель, характеризующий опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;

α_i – поправка, учитывающая вероятность накопления примесей в окружающей среде, в том числе в цепях питания человека;

β_i – поправка на вероятность образования из исходных примесей, выбрасываемых в атмосферу, других (вторичных) загрязнений, более опасных, чем исходные;

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

λ_i – поправка на вероятность вторичного заброса примесей в атмосферу после их осадки на землю.

Таблица 1.1. – Показатели относительной агрессивности веществ

Примесь	a_i	α_i	β_i	δ_i	λ_i	A_i
Оксид углерода	1	1	1	1	1	1
Аммиак	3,87	1	1	1,2	1	4,6
Диоксид серы	11	1	1	1,5	1	16,5
Диоксид азота	11,9	1	1	1,5	1	17,9
Хлор	44,7	1	1	2	1	89,4
Сероуглерод	5000	2	1	1,5	1	15 000
Сажа						41,1
Твердые выбросы двигателей внутреннего сгорания: дизельных, карбюраторных, работающих на неэтилированном бензине						200 300

Показатели относительной опасности загрязнения воздуха рассчитываются по формуле

$$G_{\text{заг}} = \sum (S_j / S_{\text{заг}}) \cdot G_j,$$

где S_j – площадь территории j -го типа (зона отдыха, территория промышленной зоны, лес и т. п.);

$S_{\text{заг}}$ – площадь зоны активного загрязнения;

G_j – поправка на относительную опасность загрязнения воздуха для различных территорий зоны активного загрязнения.

Площадью зоны активного загрязнения для организованных источников выбросов с высотой h является:

– круг с центром в источнике и радиусом $r = 50h$ при $h < 10$ м;

– кольцо с внутренним радиусом $r_{\text{вну}} = 2\varphi h$, внешним радиусом $r_{\text{вне}} = 20\varphi h$ при $h \geq 10$ м, где φ – поправка, учитывающая высоту выброса примесей

организованным источником, зависящая от разницы температур Δt в устье источника и окружающей атмосферы на уровне устья:

$$\varphi = 1 + \Delta t / 75 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Площадь зоны активного загрязнения для неорганизованных источников с высотой h имеет радиус $r_h = 20h$.

Поправка на относительную опасность загрязнения воздуха G_j для различных территорий:

- территория курорта, санатория и т. п. – 10;
- территория природной зоны отдыха – 8;
- территория промышленной зоны – 4;
- лес, пашня – 0,1–0,2.

Поправка f при средней скорости ветра v_b (для РБ $v_b \approx 3$ м/с) определяется по следующим формулам:

- при значении коэффициента очистки $\eta > 90$ %

$$f = f_1 = (100 / (100 + \varphi h))(4 / (1 + v_b));$$

- при значении коэффициента очистки $70 \% \leq \eta \leq 90$ %

$$f = f_2 = (1000 / (60 + \varphi h))^{0.5} (4 / (1 + v_b));$$

- при значении коэффициента очистки $\eta < 70$ %

$$f = f_3 = 10.$$

Укрупненная оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов и территорий твердыми отходами

Загрязнение водных объектов является результатом сброса в них сточных вод, содержащих вредные вещества. Ущерб от загрязнения водных объектов определяется по формуле:

$$Y_{\text{вод}} = Y_{\text{вод}}^{\text{уд}} \cdot Q_k \cdot M,$$

где $Y_{\text{вод}}^{\text{уд}}$ – удельный ущерб, причиненный сбросом в водоем одной условной тонны загрязняющих веществ, который определяется теми же министерствами, что и в предыдущем случае;

Q_k – показатель относительной опасности загрязнения.

Он имеет значения:

- для нефтепродуктов $Q_k = 1,2$;
- для фенолов, нитратов $Q_k = 2,1$;

- для азота $Q_k = 3,7$;
- для меди, свинца $Q_k = 3$;
- для цинка $Q_k = 2,4$;
- M – приведенная масса загрязняющих веществ, усл. т/год:

$$M = \sum_{j=1}^n m_j \cdot A_j,$$

где m_j – масса примесей j -го вида, поступающих в водный объект;
 A_j – относительная агрессивность j -го загрязняющего вещества:

$$A_j = 1 / \text{ПДК}_j.$$

Значение ПДК (мг/л) определяется по справочнику для рыбохозяйственных объектов. Для ряда веществ ПДК имеет следующие значения:

- нефть и нефтепродукты – 0,05;
- хлориды – 300;
- свинец – 0,03;
- ртуть – 0,0005;
- медь – 0,001;
- мышьяк – 0,05;

Оценка экономического ущерба от загрязнений отчужденных земельных ресурсов определяется по формуле

$$Y_{\text{отх}} = q \cdot Y_{\text{отх}}^{\text{уд}} \cdot M_{\text{отх}},$$

где q – показатель, характеризующий относительную ценность земельных ресурсов ($q = 0,5$ для суглинистых почв, $q = 0,7$ для почв лесостепи, $q = 1,0$ для чернозема);

$Y_{\text{отх}}^{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву. Определяется известными министерствами;

$M_{\text{отх}}$ – масса годового выброса загрязняющих отходов, т.

Среднегодовое количество коммунально-бытовых отходов г. Минска составляет 400 тыс. т/год; Витебска – 22 тыс. т/год; Полоцка – 22 тыс. т/год; Новополоцка – 14 тыс. т/год.

Пример. Определить экономический ущерб от загрязнения воздуха в результате ежегодного выброса в атмосферу 50 т сажи для пригородного участка зоны отдыха площадью 0,2 км², попадающей в зону активного загрязнения, если удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны сажи $Y_{\text{отх}}^{\text{уд}} = 1,2$ тыс. руб./усл. т, высота трубы котельной $h = 9$ м, очистное устройство отсутствует.

Решение.

1. Определение зоны активного загрязнения:

$$S_{\text{заг}} = \pi \cdot (50h)^2 = 3,14 \cdot (50 \cdot 0,009)^2 = 0,63 \text{ км}^2.$$

2. Определение относительной опасности загрязнения воздуха:

$$G_{\text{заг}} = \sum (S_j / S_{\text{заг}}) \cdot G_j = 0,2 / 0,63 \cdot 8 = 2,52.$$

3. Определение поправки на характер рассеивания сажи в атмосфере:

$$f = 10.$$

4. Определение показателя относительной агрессивности:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i = 17,8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 41,1.$$

5. Определение приведенной массы годового выброса сажи:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot A_i = 50 \cdot 41,1 = 2055 \text{ усл. т/год.}$$

6. Определение экономического ущерба:

$$Y_{\text{atm}} = Y_{\text{atm}}^{\text{уд}} \cdot M \cdot G_{\text{заг}} \cdot f = 1,2 \cdot 2055 \cdot 2,52 \cdot 10 = 62140 \text{ тыс. руб./год.}$$

Практическая работа № 2

Определение зон рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Цель работы: изучить методику определения параметров загрязнения воздушного бассейна от одиночных точечных источников.

Общие сведения

Основой выполнения работы являются следующие положения:

– на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры: скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;

– максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скоростях и направлении ветра, высокой температуре атмосферы и её безразличном состоянии) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;

– приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

Стратификация – учение о слоистом строении атмосферы, учитывается температурный градиент, движение воздуха, различие его состава в разных слоях.

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ C_{\max} , мг/м³, в атмосфере от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылегазовоздушную смесь, рассчитывается по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температуры стратификации атмосферы. Для условий Республики Беларусь $A = 140$;

H – высота источника выброса от земли, м;

M – интенсивность выброса загрязняющего вещества, г/с;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания (таблица 2.1). Быстрее оседают крупные частицы пыли, большей плотности (ρ_n , г/см³) при малой начальной скорости (ω_0), т. к. меньше кинетическая составляющая;

Таблица 2.1. – Значение коэффициентов F

Вещество	Эффективность пылеулавливания, %	F
Газообразные выбросы	—	1
Твердые частицы	> 90	2
	75 – 90	2,5
	< 75	3

V_1 – расход выбрасываемой пылегазовоздушной смеси, м³/с:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0,$$

где ω_0 – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы), м/с;

D – диаметр трубы, м;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r , °С, и температурой окружающего воздуха T_B :

$$\Delta T = T_r - T_B.$$

Температура окружающего воздуха T_B принимается для района расположения предприятия в 13 часов самого жаркого месяца года (определяется по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», 2000 г.).

η – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических нарушений. Для одиночного источника при отсутствии рядом стоящих препятствий (высоких зданий, сооружений) $\eta = 1$.

Вводится коэффициент f , показывающий изменение скорости на единицу температурного градиента и зависящий от параметров источника выброса (трубы):

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}.$$

Коэффициенты m и n учитывают условия выброса пылевоздушной смеси; m и n зависят от параметров соответственно:

$$\text{при } f < 100 \quad m = (0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f})^{-1}.$$

где m – безразмерный коэффициент, определяющийся по приведенной формуле или графику.

При $V_m \geq 2$	$n = 1;$
$1,5 \leq V_m < 2$	$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13;$
$V_m < 0,5$	$n = 4,4 \cdot V_m.$

где n – безразмерный коэффициент, зависящий от параметра V_m :

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}.$$

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией рассчитывается по формуле

$$X_{\max} = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H,$$

где H – высота источника выброса, м.

Вводится параметр d , определяемый следующим образом:

при $V_m \leq 0,5$	$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$
$0,5 < V_m \leq 2$	$d = 4,95 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$
$V_m > 2$	$d = 7 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}).$

Опасная скорость V_{\max} , м/с, – скорость ветра, при которой предельные концентрации имеют наибольшее значение. V_{\max} соответствует полученным значениям C_{\max} и X_{\max} . Значение опасной скорости на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли) зависит от параметра V_m .

В случае $f < 100$ определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, & \text{при } V_m \leq 0,5; \\ V_{\max} &= V_m, & \text{при } 0,5 < V_m \leq 2; \\ V_{\max} &= V_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}), & \text{при } V_m > 2. \end{aligned}$$

В случае $f \geq 100$ или $\Delta T = 100$ значение V_{\max} определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, & \text{при } V_m^3 \leq 0,5; \\ V_{\max} &= V_m^3, & \text{при } 0,5 < V_m^3 \leq 2; \\ V_{\max} &= 2,2V_m^3, & \text{при } V_m^3 > 2. \end{aligned}$$

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем j :

$$j = \frac{C_{\max}}{\text{ПДК}} < 1.$$

Результаты расчета записывают в табличной форме (таблица 2.2). Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом суммирования при одновременном присутствии в атмосфере SO_2 и NO_x :

$$j_{\text{SO}_2+\text{NO}_x} = \frac{C_{\max, \text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\max, \text{NO}_x}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_x}} < 1.$$

Таблица 2.2. – Вид записи результатов расчета

Вещество	C_{\max} , мг/м ³	X_{\max} , м	V_{\max} , м/с	j
Зола				
SO_2				
NO_x				
Суммирование $\text{SO}_2 + \text{NO}_x$		—	—	

По итогам расчета делаются выводы об уровне загрязнения и предлагаются мероприятия по его снижению в случае необходимости.

Порядок оформления практической работы

Отчет о выполненной практической работе должен содержать следующие сведения:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) условие задания;
- 4) ход работы (расчеты);
- 5) вывод.

Варианты заданий к практической работе

Определить опасность загрязнения атмосферы одиночным точечным источником высотой H , м, и диаметром D , м, если скорость выбрасывания газовой смеси w_0 , м/с. Массовый выброс выбрасываемых загрязняющих веществ M_j , г/с. ПДК_{SO₂} = 0,50 мг/м³; ПДК_{зола} = 0,05 мг/м³; ПДК_{NO_x} = 0,40 мг/м³. Температура газовой смеси – T_{Γ} , °С, температура воздуха $T_{\text{В}}$, °С. Эффективность пылеулавливания – Э , %.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H , м	10	25	26	27	28	30	32	33	35
D , м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
w_0 , м/с	8	9	10	11	12	13	14	15	16
M_{SO_2} , г/с	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
$M_{\text{зола}}$, г/с	15,5	16,0	17,0	17,5	20,0	22,5	24,0	24,5	26,0
M_{NO_x} , г/с	4,2	4,6	4,8	5,2	5,8	6,2	6,8	8,2	9,0
T_{Γ} , °С	125	122	120	118	116	110	105	102	100
$T_{\text{В}}$, °С	25	24	22	23	21	20	19	15	12
Э , %	92	92	92	80	80	80	70	70	70

Практическая работа № 3

Подсчет убытков, причиненных государству при залповом и установившемся сбросах нефтепродуктов в водный объект

Цель работы: на основании методики подсчета убытков, причиненных государству при загрязнении водных объектов, рассчитать ущерб, связанный с залповым и установившимся сбросами нефтепродуктов.

Общие сведения

Техногенные катастрофы, возникающие при эксплуатации магистральных нефтепроводов наносят значительный ущерб природным ресурсам при попадании нефти в окружающую среду.

Этот ущерб проявляется как в производственной (промышленности, сельском и рыбном хозяйстве), так и в непроизводственной (здравоохранении, жилищно-коммунальном хозяйстве) сферах, а также в сокращении рекреационной ценности природных ландшафтов.

По характеру проявления, ущербу (убыткам), причиняемому окружающей среде, может быть прямым (видимым) в случае гибели рыбы, птиц и косвенным (скрытым), который проявляется через значительный промежуток времени в виде

снижения биологической продуктивности водного объекта, потерь ценных видов животного и растительного мира, рыб и других.

В связи со сложностью определения всех последствий от нарушения водного законодательства оценка убытков, причиненных государству этим нарушением, принимается по приведенным затратам, необходимым для устранения отрицательных последствий.

Методика подсчета убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства, разработана Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г.

На основании этой методики затраты, характеризующие величину убытков, причиненных государству, определены исходя из объема воды, загрязненной в результате сброса загрязняющих веществ, и удельных приведенных затрат на очистку воды до предельно-допустимых концентраций, установленных для данной категории водного объекта.

Методика подсчета убытков

1. Подсчет размера убытков при загрязнении водного объекта в зависимости от времени нахождения в воде загрязнителя

Размер убытка в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения устанавливается по формуле

$$y_{i,CH}^3 = y_i^3 \left(1 - \sum \frac{\alpha_i}{100} \cdot K_{i,CH}\right) \quad (1)$$

или

$$y_{i,CH}^y = y_i^y \left(1 - \sum \frac{\alpha_i}{100} \cdot K_{i,CH}\right), \quad (2)$$

где $y_{i,CH}^3$ – величина убытков в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения при залповом сбросе i -го загрязняющего вещества в водный объект, тыс. у. е.

$y_{i,CH}^y$ – величина убытков в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения при установившемся сбросе i -го загрязняющего вещества в водные объекты, тыс. у. е.

α_i – процент, %, собранного загрязняющего вещества за каждый i -й промежуток времени сброса загрязнений в течении всего периода, подтвержденный соответствующими документами. Определяется по формуле

$$\alpha_i = \frac{\Delta p_i \cdot 100}{p}, \quad (3)$$

где Δp_i – масса собранного загрязняющего вещества за каждый i -й промежуток времени сброса загрязнений в течении всего периода, подтвержденная соответствующими документами;

$K_{i,CH}$ – коэффициент снижения величины убытка при принятии мер по ликвидации последствий загрязнения определяемый по таблице 1 (приложение к работе) в зависимости от времени, прошедшего от окончания сброса до окончания сбора массы загрязняющего вещества.

II. Подсчет убытков, причиненных государству при загрязнении водных объектов

При залповом сбросе загрязняющих веществ

$$Y_i^3 = Z_i^3 \cdot K_{КАТ}; \quad (4)$$

при установившемся сбросе загрязняющих веществ

$$Y_i^y = Z_i^y \cdot K_{КАТ}; \quad (5)$$

где Y_i^3 – величина убытков от загрязнения водных объектов при залповом сбросе i -го загрязняющего вещества с учетом категории водного объекта, тыс. у. е.;

Y_i^y – величина убытков от загрязнения водных объектов при установившемся сбросе i -го загрязняющего вещества, тыс. у. е.

Z_i^3 – величина убытков от загрязнения водных объектов при залповом сбросе i -го загрязняющего вещества, тыс. у. е.;

Z_i^y – величина убытков от загрязнения водных объектов при установившемся сбросе i -го загрязняющего вещества, тыс. у. е.;

Z_i^3 и Z_i^y – определяются в зависимости от массы загрязняющего вещества P_i по [таблицам 1, 2](#) приложения к работе.

$K_{КАТ}$ – коэффициент, учитывающий категорию водного объекта, в который сбрасываются загрязняющие вещества (таблица 3.1).

Таблица 3.1. – Зависимость коэффициента $K_{КАТ}$ от категории водного объекта в который сбрасываются загрязняющие вещества

Категория водного объекта	$K_{КАТ}$
Поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, децентрализованного или нецентрализованного хозяйственного питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий	1,1
Другие водные объекты	0,6

Определение массы сброшенных загрязняющих веществ, принимаемой для подсчета убытков от загрязнения водных объектов:

$$P_i = V_i(K_i^{\text{факт}} - K_i^{\text{доп}}) \cdot 10^{-6} \quad \text{при} \quad K_i^{\text{факт}} > K_i^{\text{доп}}, \quad (6)$$

где P_i – масса сброшенного i -го вида загрязняющего вещества, учитываемая при подсчете убытков, т;

V_i – объем сточных вод с превышенным содержанием i -го загрязняющего вещества, м³;

$K_i^{\text{факт}}$ – средняя за период сброса концентрация i -го загрязняющего вещества в контрольной точке, фактически зафиксированная в процессе нарушения водного законодательства, мг/л (г/м³);

$K_i^{\text{доп}}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в контрольной точке, мг/л (г/м³);

i – вид загрязняющего вещества.

Определение массы разлитой нефти P_n по инструментальным наблюдениям с учетом фонового загрязнения производится по формуле

$$P_n = (P_{\text{пл.разл.}} - P_{\text{пл.фон}}) \cdot S_n \cdot 10^{-6} + (C_{\text{разл.}} - C_{\text{фон}}) \cdot V_n \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

где $P_{\text{пл.разл.}}$ – масса пленочной нефти на 1 м² разлива, г/м²;

$P_{\text{пл.фон}}$ – масса пленочной нефти на 1 м² акватории, не подверженной влиянию разлива, г/м²;

S_n – площадь нефтяного разлива, м²;

$C_{\text{разл.}}$ – концентрация растворенной в воде нефти на глубине 1 м, г/м³;

$C_{\text{фон}}$ – концентрация растворенной в воде нефти на глубине 1 м за время, предшествующее разливу, г/м³;

V_n – объем воды, загрязненной растворенной нефтью:

$$V_n = S_n \cdot 1 \text{ м.}$$

Пример расчета

Рассмотрим пример решения следующей задачи.

В результате аварии нефтепровода в водохранилище произведен залповый сброс нефтепродуктов $P_n = 130$ т. За 8 суток ($t = 8 \cdot 24 = 192$ ч) после прекращения сброса было собрано $\Delta P = 104$ т нефти, т. е. процент собранных нефтепродуктов от общего состава $\alpha = (104 \cdot 100) / 130 = 80\%$. При этом документами подтверждено, что за период $t_1 = 6$ ч после прекращения сброса собрано $P_1 = 26$ т

($\alpha_1 = \frac{P_1}{P_n} \cdot 100\% = \frac{26}{130} \cdot 100\% = 20\%$), а за следующие 6 часов ($t_2 = t_1 + n = 12$ ч)

было собрано 19 т нефти ($\alpha_2 = \frac{P_2}{P_n - P_1} \cdot 100\% = 18,3\%$). $\alpha_3 = \frac{\Delta P - P_1 - P_2}{P_n - P_1 - P_2} \cdot 100\%$;

$\alpha_3 = \frac{104 - 26 - 19}{130 - 26 - 19} \cdot 100\% = 69,4\%$.

Найти величину убытков от загрязнения водного объекта при залповом сбросе нефти с учетом его категории и в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения.

1. Найдем по формуле (3) процент собранного загрязняющего вещества за каждый i -й промежуток времени сброса загрязнений в течении всего периода, подтвержденный соответствующими документами ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$).

2. По [таблице 3](#) приложения устанавливаем коэффициент снижения опасности ($K_{\text{ен}}$):

– при $t_1 = 6$ ч $K_{\text{CH}}^1 = 0,8$;

– при $t_2 = 12$ ч $K_{\text{CH}}^2 = 0,65$;

– при $t_3 = 192$ ч $K_{\text{CH}}^3 = 0,266$.

3. По [таблице 1](#) приложения при $P_{\text{н}} = 130$ т находим $Z_{\text{н}}^3 = 3904,5$ тыс. у. е.

4. При $K_{\text{КАТ}} = 1,1$ (см. таблицу 3.1) по формуле (4) найдем величину убытков от загрязнения водных объектов при залповом сбросе нефти с учетом его категории:

$$Y_{\text{н}}^3 = Z_{\text{н}}^3 \cdot K_{\text{КАТ}} = 3904,5 \cdot 1,1 = 4294,9 \text{ тыс. у. е.}$$

5. Таким образом, по формуле (1) размер убытка в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения рассчитывается как

$$Y_{i,\text{CH}} = Y_{\text{н}}^3 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_1}{100} \cdot K_{\text{CH}}^1 - \frac{\alpha_2}{100} \cdot K_{\text{CH}}^2 - \frac{\alpha_3}{100} \cdot K_{\text{CH}}^3\right);$$

$$Y_{i,\text{CH}} = 4294,9 \cdot \left(1 - \frac{20}{100} \cdot 0,8 - \frac{18,3}{100} \cdot 0,65 - \frac{69,4}{100} \cdot 0,266\right) = 2319,25 \text{ тыс. у. е.}$$

Порядок оформления практической работы

Отчет о выполненной практической работе должен содержать следующие сведения:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткая теоретическая часть (необязательна);
- 4) условие задания;
- 5) ход работы:
 - а) расчет ущерба при загрязнении водного объекта;
 - б) описание аварийной ситуации;
- 6) выводы по работе.

Ответьте на следующие вопросы:

1. Как находится величина убытков Y_i^3 от загрязнения водных объектов при залповом сбросе i -го загрязняющего вещества с учетом категории водного объекта?

2. Как находится величина убытков $Y_{i,\text{CH}}^y$ в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения при установившемся сбросе i -го загрязняющего вещества в водные объекты?

Варианты заданий к практической работе

В результате аварии нефтепровода в водный объект произведен залповый сброс нефтепродуктов P_n т. За t суток после прекращения сброса было собрано ΔP т нефти. При этом соответствующими документами подтверждено, что за период t_1 после прекращения сброса собрано P_1 т, а за следующие n часов ($t_2 = t_1 + n$), было собрано P_2 т нефти. Найти величину убытков от загрязнения водного объекта при залповом сбросе нефти с учетом его категории и в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_n , т	110	160	50	75	200	140	50	75	200
t , сут	8	10	1	2	3	8	1	2	3
ΔP , т	90	130	35	50	170	110	35	50	170
t_1 , ч	6	8	10	8	16	8	10	8	16
P_1 , т	21	40	10	10	100	60	10	10	100
n , ч	10	15	12	16	15	14	13	12	11
P_2 , т	19	40	8	10	50	30	10	15	60

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. – Таблица для определения величины убытков от загрязнения водных объектов при залповом сбросе нефтепродуктов Z_n^3

P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.
0,10	19,67	6,00	209,95	400	11970,00
0,11	20,81	7,50	247,00	450	13442,50
0,13	22,33	9,00	285,00	500	14915,00
0,16	25,65	10,00	311,60	550	16387,50
0,20	28,50	11,00	342,95	600	17850,00
0,25	32,21	13,00	402,80	650	19285,00
0,30	36,10	16,00	494,00	700	20710,00
0,35	38,67	20,00	614,65	750	22135,00
0,40	42,47	25,00	769,50	800	23560,00
0,50	47,69	30,00	916,75	900	26505,00
0,60	52,25	35,00	1068,75	1000	29450,00
0,75	58,62	40,00	1216,00	1100	32395,00
0,90	65,74	50,00	1515,25	1300	38285,00
1,00	70,30	60,00	1814,50	1500	44175,00
1,10	73,91	75,00	2261,00	1600	47120,00
1,30	82,75	90,00	2707,50	1800	53010,00
1,60	92,06	100,00	3006,75	2000	57190,00

P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^3 , тыс. у. е.
2,00	103,08	110,00	3281,30	2500	73625,00
2,50	116,85	130,00	3904,50	3000	88350,00
3,00	133,00	160,00	4803,20	3500	103075,00
3,50	143,97	200,00	5999,25	4000	117800,00
4,00	157,70	250,00	7493,60	4500	132525,00
5,00	183,35	300,00	8987,00	5000	147250,00
		350,00	10478,50		

Примечание. Для определения промежуточных значений Z_n^3 , не вошедших в таблицу, рекомендуется применять интерполяцию между ближайшими значениями Z_n^3 .

При значениях $P_n < 0,10$ т величину убытков Z_n^3 , тыс. у. е., следует определять по формуле

$$Z_n^3 = 196,7 \text{ (тыс. у. е./т)} \cdot P_n \text{ (т)}.$$

Таблица 2. – Таблица для определения величины убытков от загрязнения водных объектов при установившемся сбросе нефтепродуктов Z_n^y

P_n , т	Z_n^y , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^y , тыс. у. е.	P_n , т	Z_n^y , тыс. у. е.
0,10	2,66	4,00	120,36	130	82,75
0,11	2,74	5,00	13,84	160	92,06
0,13	2,89	6,00	15,18	200	103,08
0,16	3,08	7,50	17,00	250	116,85
0,20	3,30	9,00	18,64	300	133,00
0,25	3,53	10,00	19,67	350	143,45
0,30	3,74	11,00	20,81	400	157,70
0,35	3,93	13,00	22,33	500	183,35
0,40	4,09	16,00	25,65	600	209,95
0,50	4,39	20,00	28,50	750	247,00
0,75	5,29	25,00	32,21	900	285,00
0,90	5,80	30,00	36,10	1000	311,60
1,00	6,12	35,00	38,67	1100	342,95
1,10	6,42	40,00	42,47	1300	402,80
1,30	6,97	50,00	47,69	1500	495,00
1,60	7,77	60,00	52,25	1800	615,60
2,00	8,70	75,00	58,62	2000	769,50
2,50	9,75	90,00	65,74	3000	916,75
3,00	10,69	100,00	70,31	3500	1068,75
3,50	11,58	110,00	73,91	4000	1216,00
				5000	1515,25

Примечание. Для определения промежуточных значений Z_n^y , не вошедших в таблицу, рекомендуется применять интерполяцию между ближайшими значениями Z_n^y .

При значениях $P_H < 0,10$ т величину убытков Z_H^y , тыс. у. е., следует определять по формуле

$$Z_H^y = 26,6 \text{ (тыс. у. е./т)} \cdot P_H \text{ (т)}.$$

При значениях $P_H > 5000$ т величину убытков Z_H^y , тыс. у. е., следует определять по формуле

$$Z_H^y = 0,303 \text{ (тыс. у. е./т)} \cdot P_H \text{ (т)}.$$

Таблица 3. – Снижение величины убытков в случае принятия мер по ликвидации последствий загрязнения водных объектов, в зависимости от времени проведения этих работ

Время ликвидации загрязнения, ч	Коэффициент снижения величины убытков, $K_{i, \text{сн}}$
До 6 включительно	0,800
более 6 до 12 включительно	0,650
—“— 12 до 18 —“—	0,500
—“— 18 до 24 —“—	0,463
—“— 24 до 30 —“—	0,434
—“— 30 до 36 —“—	0,412
—“— 36 до 48 —“—	0,368
—“— 48 до 60 —“—	0,364
—“— 60 до 72 —“—	0,346
—“— 72 до 84 —“—	0,331
—“— 84 до 96 —“—	0,320
—“— 96 до 108 —“—	0,310
—“— 108 до 120 —“—	0,301
—“— 120 до 132 —“—	0,293
—“— 132 до 144 —“—	0,287
—“— 144 до 156 —“—	0,280
—“— 156 до 168 —“—	0,275
—“— 168 до 180 —“—	0,270
—“— 180 до 192 —“—	0,266
—“— 192 до 204 —“—	0,262
—“— 204 до 216 —“—	0,258
—“— 216 до 228 —“—	0,254
—“— 228 до 240 —“—	0,250

Время ликвидации загрязнения вод (t) рассчитывается как разница между временем, прошедшим с момента окончания сброса и временем окончания ликвидации загрязнения вод.

Практическая работа № 4

Оказание первой медицинской помощи

Цель работы: актуализировать знания о правилах оказания первой медицинской помощи в случае возникновения травм при авариях и ЧС. Решить ситуационные задачи.

Общие сведения

Первая медицинская помощь – это простейшие срочные меры, необходимые для спасения жизни и здоровья пострадавшим при повреждениях, несчастных случаях и внезапных заболеваниях.

Она оказывается на месте происшествия до прибытия врача или доставки пострадавшего в больницу.

Первая помощь предупреждает такие осложнения, как шок, кровотечение, развитие инфекции, дополнительные смещения отломков костей и травмирование крупных нервных стволов и кровеносных сосудов.

Следует помнить, что от своевременности и качества оказания первой помощи в значительной степени зависит дальнейшее состояние здоровья пострадавшего и даже его жизнь. Оптимальный срок оказания первой медицинской помощи – до 30 мин после получения травмы, при отравлении – до 10 мин. При остановке дыхания это время сокращается до 5–7 мин.

Отсутствие же помощи в течение 1 ч после травмы увеличивает количество летальных исходов среди тяжело поражённых на 30 %, до 3 ч – на 60 % и до 6 ч – на 90 %, т. е. количество погибших возрастает почти вдвое.

Время от момента травмы, отравления и других несчастных случаев до момента получения помощи должно быть *предельно сокращено*.

Прежде всего необходимо прекратить действие повреждающих факторов: извлечь из-под завалов или из воды, потушить горящую одежду, вынести из горящего помещения или зоны заражения ядовитыми веществами, извлечь из машины и т. д.

Важно уметь быстро и правильно оценить состояние пострадавшего. При осмотре сначала установить, жив он или мёртв, затем определить тяжесть поражения, состояния, продолжается ли кровотечение.

Признаки жизни:

1. Наличие пульса на артериях и сердцебиение.
2. Наличие самостоятельного дыхания. Устанавливается по движению грудной клетки, по дыхательному шуму.
3. Реакция зрачка на свет. Если открытый глаз пострадавшего закрыть рукой, а затем быстро отвести её в сторону, то зрачок сузится.

Признаки смерти:

1. Отсутствие пульса на центральных артериях.
2. Отсутствие реакции зрачка на свет.
3. Помутнение и высыхание роговицы глаз.

4. При сдавливании глаза с боков пальцами зрачок сужается и напоминает кошачий глаз.

5. Появление трупных пятен и трупного окоченения.

Помните, что нельзя:

1. Трогать и перетаскивать пострадавшего на другое место, если ему не угрожает огонь, обвал здания, если ему не требуется делать искусственное дыхание и оказывать срочную медицинскую помощь. Накладывая повязку, шину, не делайте того, что причинит дополнительную боль, ухудшит самочувствие пострадавшего.

2. Вправлять выпавшие органы при повреждении грудной и особенно брюшной полостей.

3. Давать воду или лекарство для приёма внутрь пострадавшему без сознания.

4. Прикасаться к ране руками или какими-либо предметами.

5. Удалять видимые инородные тела из раны брюшной, грудной или черепной полостей. Оставьте их на месте, даже если они значительных размеров и легко могут быть удалены. При попытке их удаления возможны значительные кровотечения или другие осложнения. До прибытия скорой помощи накройте перевязочным материалом и осторожно забинтуйте.

6. Оставлять на спине пострадавшего без сознания, особенно при рвоте. В зависимости от состояния его нужно повернуть на бок или, в крайнем случае, повернуть вбок его голову.

7. Снимать одежду и обувь у пострадавшего в тяжёлом состоянии, следует лишь разорвать или разрезать их.

8. Позволять пострадавшему смотреть на свою рану. Не усугубляйте его состояние вашим озабоченным видом, оказывайте помощь спокойно и уверенно, успокаивая и подбадривая его.

9. Попытаться вытащить потерпевшего из огня, воды, здания, грозящего обвалом, не приняв должных мер для собственной защиты. Перед тем как оказывать первую медицинскую помощь, осмотритесь, чтобы вовремя заметить возможный источник опасности – угрозу обвала, пожар, взрыв, разрушение сооружений и газо-, водоканализации, подъём воды, начало движения снежных масс, грунта и т. д.

Задание 1. Первая помощь при травмах (кровотечении, ушибах, растяжениях, вывихах, переломах, сотрясениях).

Заполните таблицу 4.1.

Таблица 4.1. – Первая помощь пострадавшим

Название повреждения	Признаки	Первая помощь
1	2	3
Кровотечение: – артериальное; – венозное; – капиллярное; – внутреннее		
Раны поверхностные		
Рана головы, сотрясение мозга		

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
Ушиб		
Разрыв, повреждение связок		
Вывих		
Перелом		

Задание 2. Первая помощь при отравлениях.

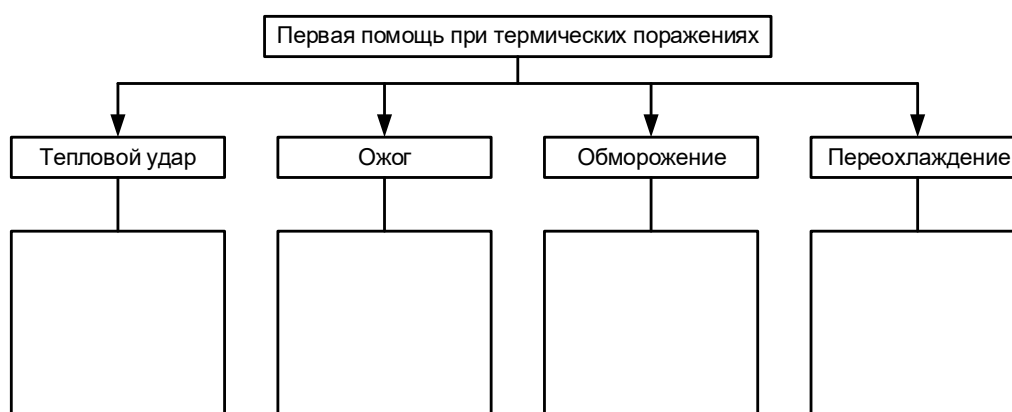
Используя учебную литературу, заполните таблицу 4.2.

Таблица 4.2. – Первая помощь при отравлениях

Название повреждения	Признаки	Первая помощь
Отравление аварийно химически опасными веществами		
Отравление угарным газом		

Задание 3. Первая помощь при термических поражениях организма.

Заполните схему, указав первую помощь при различных термических поражениях организма человека.



Задание 4. Первая помощь при общих расстройствах деятельности организма.

Используя учебную литературу, заполните таблицу 4.3.

Таблица 4.3. – Первая помощь пострадавшим при общих расстройствах организма

Название повреждения	Признаки	Первая помощь
Головокружение		
Шок: – кардиогенный; – травматический; – анафилактический		
Коллапс		
«Острый живот»		
Гипертонический криз		

Задание 5. Первая помощь при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП).
Запишите Ваши основные действия по оказанию медицинской помощи пострадавшим при ДТП.

Задание 6. Решение ситуационных задач.

Решите ситуационные задачи. Ответьте на поставленные вопросы.

Задача 1. Вы направляетесь в университет на автотранспорте. В результате аварии произошло разрушение металлических конструкций автобуса. Вы не пострадали, но пассажир рядом с вами оказался травмирован, кость цела, но на руке кровоточащая рана, ярко-красная кровь (алая) резкими толчками вытекает из предплечья. Каковы Ваши действия при оказании первой помощи?

Задача 2. Во время строительства на даче ваш друг порезал ногу стеклом. У него течет темновишневая кровь равномерной непрерывной струей. У вас с собой большая косынка или кусок ткани. Что вы будете делать?

Задача 3. В детском летнем лагере во время игры ребенок поранил пальцы. Кровь вытекает медленно, по каплям. Ваши действия?

Задача 4. Во время игры во дворе ребенок упал с гаражей с высоты более 1,5 м. При осмотре Вы выяснили, что ребенок сознания не терял, переломов костей и вывихов нет, но ребенок бледен, потеет, у него дыхание частое и поверхностное, пульс частый. Что вы будете делать?

Задача 5. Во время урока физкультуры ребенок получил поверхностную рану коленей и локтей. Какова первая помощь при таких ранах?

Задача 6. Автомобиль, на котором вы ехали, попал в ДТП. Рядом сидящий с вами пассажир ударился головой о спинку впереди стоящего сидения, он жалуется на головокружение, шум в ушах, головную боль. У него бледное лицо, суженные зрачки, дыхание поверхностное и неглубокое. Что вы будете делать?

Задача 7. Вы ушибли голень. Что будете делать?

Задача 8. Вы катались на коньках, после падения на лед почувствовали боль в голеностопном суставе, через пол часа нога в этом месте опухла. Что вы будете делать?

Задача 9. Вы катались на коньках и упали на руки, сильно ударившись локтем. При этом почувствовали резкую боль не можете двигать руку в суставе, она изменила свою форму. Что Вы будете делать?

Задача 10. Зимой вы следуете домой. Пешеход впереди вас поскользывается и падает. При обследовании пострадавшего выясняется, что он не может пошевелить рукой, у него возникает резкая боль, рука деформирована в области предплечья. Ваши действия?

Задача 11. Во время проведения занятия в университете, звучит сигнал ГО – «Внимание все!» – произошла утечка аварийно химически опасных веществ на заводе «Нафтан». Ваш сокурсник жалуется на кашель, першение и боль в горле, слезотечение и резь в глазах, боли в груди, головную боль и головокружение. Ваши действия?

Задача 12. На даче вы затопили печь. Внезапно Вы почувствовали головокружение, тошноту, мышечную слабость. Что делать?

Задача 13. Во время аварии на химическом производстве рабочий получил ожог:

- в) соляной кислотой;
- г) фосфором;
- д) едким натрием.

Опишите действия медицинского персонала по оказанию первой помощи пострадавшему.

Задача 14. Во время аварии на БелАЭС произошла утечка радиоактивных веществ.

Опишите неотложные действия населения при радиационном поражении и лучевом ожоге.

Задача 15. Вы проходили мимо электрической вышки. Заметили обрыв электросетей и рабочего на земле. Вероятно, во время ремонта на электросетях рабочий получил электротравму. Ваши действия?

Задача 16. Пожилой человек, ехавший с вами в трамвае, внезапно начинает жаловаться на головокружение и падает на пол. Ваши действия?

Задача 17. При укусе пчелы у ребенка возникла угроза анафилактического шока. Каковы Ваши действия по оказанию первой медицинской помощи?

Задача 18. Во время перемены школьник почувствовал сильную резкую боль в животе, тошноту, рвоту. Опишите действия учителя по оказанию первой помощи.

Практическая работа № 5

Расчет искусственного освещения

Цель работы: оценить условия зрительной работы при общем, равномерно распределенном искусственном освещении производственного помещения. Произвести расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока.

Общие сведения

Искусственное освещение может быть общее, равномерно распределенное, когда к общему добавляется местное освещение, концентрирующее световой поток на рабочих местах.

Система общего освещения дает равномерный свет всему помещению. При комбинированном освещении на долю общего освещения приходится около 10 %, а наибольший свет дают лампы местного освещения.

Нормы искусственного освещения разработаны в зависимости от точности зрительной работы, размера рассматриваемого объекта и дополнены оценкой фона и контрастности изображения деталей на фоне, для чего разряды разделены на подразряды (таблица 5.1).

Таблица 5.1. – Нормы искусственного освещения при общем освещении

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность
1	2	3	4	5	6	7
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	малый	темный	1500
			б	малый	средний	1250
			в	средний малый	темный светлый	750
			г	большой средний средний большой большой	темный средний светлый светлый средний	400
Очень высокий	Свыше 0,15 до 0,3	II	а	малый	темный	1250
			б	малый	средний	750
			в	средний малый	темный светлый	500
			г	средний большой средний большой большой	средний темный светлый светлый средний	300

Окончание таблицы 5.1

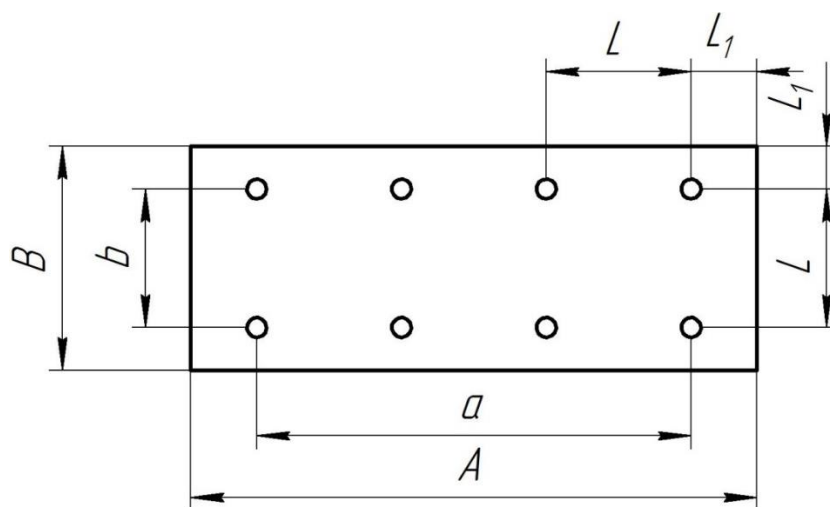
1	2	3	4	5	6	7
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	III	а	малый	темный	500
			б	малый	средний	300
			в	средний малый	темный светлый	300
			г	средний большой средний большой большой	темный светлый светлый средний	200
Средней точности	Свыше 0,5 до 1	IV	а	малый	темный	300
			б	малый	средний	200
			в	средний малый	темный светлый	200
			г	средний большой средний большой большой	средний темный светлый светлый средний	1500
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	малый	темный	200
			б	малый	средний	150
			в	средний малый	темный светлый	150
			г	средний большой средний большой большой	средний темный светлый светлый средний	100
Грубая (очень малая точность)	Более 5	VI		независимо от контраста объекта с фоном	независимо от характеристики фона	150

Фон характеризуется коэффициентом отражения светового потока, а контрастность определяется соотношением яркостей рассматриваемой детали и фона.

Задачей светотехнического расчета осветительной установки является определение мощности источников света, обеспечивающих нормальную освещенность (с учетом коэффициента запаса), а также определение фактической освещенности, создаваемой осветительной установкой.

В данном случае рассматривается метод коэффициента использования светового потока, предназначенный для расчета равномерно освещенной горизонтальной поверхности в производственном помещении. В качестве источников света используются лампы накаливания или люминесцентные лампы [9].

Перед расчетом освещения составляется проект размещения ламп и подсчет их числа исходя из длины A , ширины B и высоты H помещения (рисунок 5.1).



L – расстояние между лампами, м; L_1 – расстояние рядов ламп и ламп от стен, м;
 A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м; H – высота помещения, м;
 a и b – размеры площади потолка, занятые лампами накаливания, м

Рисунок 5.1. – Схема размещения ламп накаливания

Высота ламп над рабочей поверхностью определяется по формуле

$$h = H - h_c - h_{\text{рп}},$$

где H – высота помещения, м;
 $h_c = 0,5$ – высота свеса ламп от потолка, м;
 $h_{\text{рп}} = 0,7$ – высота рабочей поверхности от пола, м.

Расстояние между лампами определяется из выражения

$$L = 1,5h.$$

Расстояние рядов ламп от стен определяется из выражения

$$L_1 = 0,5h.$$

Вычисляются размеры площади потолка, занятые лампами накаливания:

$$a = A - 2L_1;$$

$$b = B - 2L_1$$

и устанавливается число рядов ламп

$$n = \frac{b}{L} + 1.$$

Число ламп в ряду

$$m = \frac{a}{L} + 1.$$

Общее число ламп

$$N = n \cdot m.$$

Световой поток лампы накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах рассчитывается по формуле

$$F_n = \frac{100 \cdot E_n \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta \cdot n_0},$$

где F_n – световой поток лампы, лм;

E_n – нормированная освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

z – коэффициент минимальной освещенности, значение которого для ламп накаливания – 1,15, для люминесцентных ламп – 1,1;

k – коэффициент запаса, равный 1,3 для ламп накаливания и 1,5 – для люминесцентных ламп;

N – число светильников в помещении;

η – коэффициент использования светового потока, зависящий от типа светильника, коэффициента отражения стен ρ_o , потолка ρ_n , расчетной плоскости ρ_p и индекса помещения i , который равен

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)},$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м;

n_0 – число ламп в светильнике.

Коэффициент использования светового потока определяется по таблицам, которые приводятся в специальных справочниках для проектирования электрического освещения. Для предварительных расчетов в таблице 5.2 приведены некоторые значения коэффициентов использования светового потока наиболее распространенных светильников для случаев, когда $\rho_o = 30\%$, $\rho_n = 50\%$ и $\rho_p = 10\%$.

Подсчитав по приведенной выше формуле световой поток лампы F_n , по таблице 5.3 подбирается ближайшая стандартная лампа с фактическим световым потоком F_ϕ и фактической световой отдачей f_ϕ . Допустимое отклонение светового потока выбранной лампы от расчетного не должно превышать 20 % в ту или другую сторону. В противном случае выбирается другая схема расположения светильников.

Электрическая мощность осветительной установки P , Вт, определяется по формуле

$$P = \frac{F_\phi}{f_\phi} \cdot N_o,$$

где F_ϕ – световой поток выбранной лампы, лм;

f_ϕ – световая отдача выбранной лампы, лм/Вт;

N_o – число ламп.

Число ламп определяется по формуле

$$N_o = N \cdot n_o.$$

Таблица 5.2. – Значения коэффициента использования светового потока, в зависимости от индекса помещения

Индекс	Коэффициент использования светового потока для светильников							
	Светильники с лампами накаливания				Светильники с люминесцентными лампами			
	УПД	УМП-15	НСП-07	ВЗГ-200	ПВЛ	ОД	ОДОР	ЛСП-01
0,5	24	21	16	14	13	25	20	26
0,8	36	38	26	24	23	36	31	41
1,0	42	43	31	27	28	42	35	46
1,5	51	50	37	30	36	52	43	52
2,0	58	55	41	33	40	57	48	57
2,5	61	59	43	40	43	60	51	-
3,0	64	62	47	37	45	63	53	62
4,0	67	66	50	39	48	66	57	65
5,0	69	69	52	40	51	68	64	66

Таблица 5.3. – Световые и электрические параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп (ГОСТ 2239-79 и ГОСТ 6825-74)

Лампы накаливания			Люминесцентные лампы		
Тип	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
1	2	3	4	5	6
В-125-135-15	135	9,0	ЛДЦ 20	820	41,0
В-215-225-15	105	7,0	ЛД 20	920	46,0
Б-125-135-40	485	12,0	ЛБ 20	1180	59,0
Б-220-230-40	460	11,5	ЛДЦ 30	1450	48,2
БК-125-135-100	1630	16,3	ЛД 30	1640	54,5
БК-215-225-100	1450	14,5	ЛБ 30	2100	70,0

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6
Г-125-135-150	2280	15,3	ЛДЦ 40	2100	52,5
Г-215-225-150	2090	13,3	ЛД 40	2340	58,5
Г-125-135-300	4900	16,6	ЛБ 40	3120	78,0
Г-215-225-300	4610	16,6	ЛДЦ 80	3740	46,8
Г-125-135-1000	19100	19,1	ЛД 80	4070	50,8
Г-215-225-1000	19600	18,6	ЛБ 80	5220	65,3

Практическая работа № 6

Решение задач по прогнозированию и оценке радиационной обстановки при аварии на атомной электростанции

Цель работы: определить суммарную дозу D (P), которую получают спасатели аварийно-спасательного отряда за время участия в ликвидации последствий аварии на АЭС, а также возможные последствия для их здоровья в результате воздействия полученных доз радиации.

Задача. На АЭС в 5.00 произошла авария с выбросом радиоактивных веществ. Определить суммарную дозу, которую получают спасатели аварийно-спасательного отряда за время участия в ликвидации последствий аварии на АЭС, а также возможные последствия для их здоровья в результате воздействия полученных доз радиации.

Ситуация 1. При следовании к месту аварии отряду, двигающемуся на автомобиле, пришлось преодолеть участок зараженной местности протяженностью L (км), со средней скоростью v (км/ч). Средний уровень радиации на момент времени t (ч, мин) после аварии составил $P_{\text{ср}}$ (P/ч). Время начала преодоления участка – t_n (ч, мин).

Ситуация 2. По приезде на место аварии отряд проработал с t_n до t_k (ч, мин). Уровень радиации на 1 ч после аварии на месте работы составил P_1 (P/ч).

Ситуация 3. В последующем отряду на том же рабочем месте необходимо было проработать T (ч, мин) при условии, что доза не должна превысить $D_{\text{доп}}$ (P). Время, прошедшее с момента окончания предыдущей задачи, составило t (ч, мин).

Ситуация 4. После t_0 (ч) отдыха отряд на другом рабочем месте с уровнем радиации на момент начала работ P_n (P/ч) проработал ещё одну смену продолжительностью T (ч). После этого отряд был отправлен на отдых вне зоны аварии.

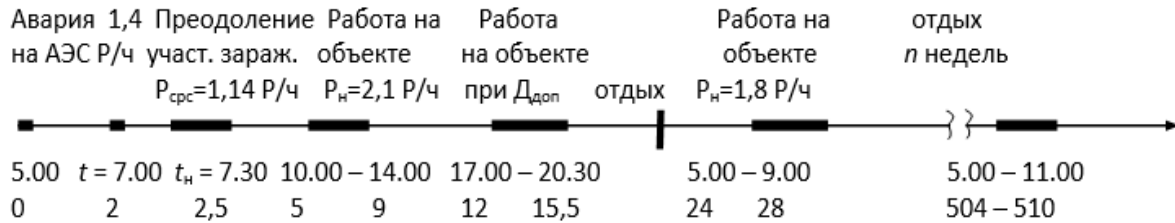
Ситуация 5. По истечении n недель с момента аварии отряд был отозван для выполнения срочных работ. На начало работ уровень радиации составил P_n (P/ч), а продолжительность работ – T (ч, мин).

Таблица 6.1. – Исходные данные радиационных ситуаций, возникших при аварии на атомной электростанции

Вариант	Ситуация 1					Ситуация 2			Ситуация 3		Ситуация 4			Ситуация 5			Задание	Ситуация 6				
	L, км	v, км/ч	P _{ср} , Р/ч	t, ч, мин	t _н , ч, мин	t _н , ч, мин	t _к , ч, мин	P ₁ , Р/ч	D _{доп} , Р	t, ч, мин	t ₀ , ч	P _н , Р/ч	T, ч	n, нед.	P _н , Р/ч	T, ч, мин		P ₁ , Р/ч	N ₀ , Ки/км ²	t K ₁ , лет	t K ₂ , лет	t K ₃ , лет
0	68	40	1,4	7.00	7.30	10.00	14.00	4,0	5	3.00	8,5	1,8	4	3	2,8	6.00	2,0	12	20	40	60	Город
1	50	31	1,3	6.30	7.10	9.50	13.30	3,8	6,3	3.30	8,0	3,1	3	4	2,9	6.00	4,0	8	15	30	35	Село
2	58	30	1,5	6.00	6.40	9.00	13.20	3,6	4,5	3.40	7,5	3,4	3	3	1,10	5.00	3,8	11	20	35	50	Село
3	43	25	1,2	6.20	6.55	9.30	13.50	4,1	5,9	3.10	7,5	1,5	5	5	2,82	5.20	2,5	9	25	40	55	Город
4	70	42	1,4	7.00	7.25	10.00	14.00	4,2	6,0	3.00	8,0	1,8	4	3	2,86	5.10	2,6	5	20	40	80	Город
5	62	34	1,5	6.10	6.50	9.30	13.30	3,2	5,3	3.30	7,5	2,2	3	5	1,12	5.15	3,2	14	20	40	65	Город
6	59	32	1,1	6.00	6.35	9.20	13.20	3,3	4,7	3.40	7,5	2,6	4	4	1,02	5.30	3,8	13	25	40	60	Село
7	69	37	1,8	6.40	7.15	9.50	14.00	3,6	4,5	3.00	8,0	2,4	5	7	2,85	6.10	4,2	12	25	40	65	Село
8	63	38	1,7	7.05	7.35	10.10	14.00	4,0	6,7	3.00	8,0	2,0	4	6	2,93	7.15	2,2	9	25	40	70	Город
9	57	31	1,3	6.50	7.20	9.55	13.50	3,6	5,1	3.10	7,5	1,9	5	5	2,79	6.40	2,6	10	25	40	70	Село
10	60	34	1,4	6.10	6.50	9.30	13.30	3,7	4,1	3.30	7,5	1,8	5	7	2,82	6.10	2,8	8	25	35	70	Село
11	63	33	1,3	6.00	6.45	9.25	13.25	3,2	4,0	3.35	7,5	2,2	4	4	2,86	6.20	3,6	9	20	40	60	Город
12	67	38	1,6	6.15	7.00	9.50	13.40	3,8	6,3	3.20	7,5	2,6	4	5	2,82	7.10	3,4	13	25	45	70	Город
13	66	36	1,5	7.00	7.25	10.15	13.50	3,9	4,4	3.10	7,5	3,2	3	7	2,96	6.15	3,2	14	25	45	70	Село
14	71	40	1,2	6.10	6.50	9.50	13.30	4,0	6,7	3.30	7,5	3,6	4	6	2,98	6.25	4,0	12	25	35	80	Село
15	68	36	1,3	6.15	7.00	10.10	14.00	3,6	5,1	3.00	8,0	1,2	5	6	1,01	5.50	3,6	12	25	35	75	Город
16	59	31	1,7	6.40	7.10	10.15	14.00	3,9	6,5	3.00	8,0	1,1	5	5	1,04	6.30	2,2	9	20	40	60	Село
17	63	35	1,3	6.15	6.55	9.55	13.55	3,4	4,2	3.05	7,5	2,6	4	7	2,96	7.10	2,4	7	20	45	70	Город
18	65	37	1,2	6.40	7.25	10.20	13.40	4,1	5,1	3.20	7,5	3,4	3	4	2,89	6.25	2,8	6	25	40	70	Город
19	55	29	1,6	6.45	7.20	10.25	13.35	4,2	6,0	3.25	7,5	3,2	4	7	2,88	6.50	3,2	4	25	40	60	Село
20	61	36	1,4	6.15	7.00	10.10	13.50	4,0	4,4	3.10	7,5	2,8	3	6	2,92	7.15	2,0	5	25	35	55	Город
21	64	38	1,1	7.00	7.30	10.15	14.00	4,3	6,14	3.00	8,0	4,1	2	5	2,97	7.30	3,4	5	25	40	70	Село
22	70	40	1,5	6.45	7.20	10.10	13.55	3,8	4,7	3.05	7,5	2,2	4	7	2,94	6.30	3,8	6	20	40	80	Село
23	65	37	1,4	6.30	7.05	10.05	13.50	3,9	5,6	3.10	7,5	2,6	4	5	2,87	6.40	2,8	10	20	45	70	Село
24	67	39	1,2	6.20	6.55	9.55	13.20	4,1	5,8	3.40	7,5	3,3	3	6	2,13	6.50	2,6	12	25	35	80	Город
25	72	41	1,5	6.10	7.10	10.05	14.00	4,2	6,0	3.00	8,0	1,5	5	6	1,4	7.05	2,4	14	20	35	50	Село

Разрешение ситуаций нулевого варианта

Для удобства подсчёта доз время начала и окончания ситуаций (во времени астрономическом и времени с момента аварии), уровни радиации, вид деятельности спасателей целесообразно наносить на временную ось.



Ситуация 1.

Дано: $L = 68$ км; $t_н = 7.30$;
 $v = 40$ км/ч; $P_{ср} = 1,4$ P/ч;
 $t = 7.00$.

Найти: D_1 .

1. Определение времени прохождения середины участка заражения:

$$t_c = t_н + 0,5 \frac{L}{v} = 2,5 + 0,5 \frac{68}{40} = 3,35 \text{ (ч)}.$$

2. Определение среднего уровня радиации на маршруте на момент времени прохождения середины участка заражения:

$$P_{срс} = P_{ср} \cdot \left(\frac{t_c}{t} \right)^{-0,4} = 1,4 \cdot \left(\frac{3,35}{2} \right)^{-0,4} = 1,14 \text{ (P/ч)}.$$

3. Определение дозы, получаемой спасателями при преодолении участка заражения с учетом коэффициента ослабления дозы радиации автомобилем $K_{осл} = 2$:

$$D_1 = \frac{P_{срс} \cdot L}{K_{осл} \cdot v} = \frac{1,14 \cdot 68}{2 \cdot 40} = 0,97 \text{ P}$$

При преодолении зараженного участка доза, полученная спасателями, составила $D_1 = 0,97 \text{ P}$.

Ситуация 2.

Дано: $t_н = 10.00$ ч;
 $t_к = 14.00$ ч;
 $P_1 = 4$ P/ч.

Найти: D_2 .

1. Определение уровня радиации на момент начала работы:

$$P_H = P_1 \cdot (t_H/t_1)^{-0,4} = 4 \cdot (5/1)^{-0,4} = 2,1 \text{ (Р/ч)}.$$

2. Определение уровня радиации на момент окончания работы:

$$P_K = P_1 \cdot (t_K/t_1)^{-0,4} = 4 \cdot (9/1)^{-0,4} = 1,66 \text{ (Р/ч)}.$$

3. Определение дозы:

$$D_2 = \frac{1,7 \cdot (P_K \cdot t_K - P_H \cdot t_H)}{K_{\text{осл}}} = \frac{1,7 \cdot (1,66 \cdot 9 - 2,1 \cdot 5)}{1} = 7,55 \text{ (Р)}.$$

При выполнении задачи на объекте доза, полученная спасателями, составила $D_2 = 7,55 \text{ Р}$.

Ситуация 3.

Дано: $D_{\text{доп}} = 5 \text{ Р}$;

$t = 3 \text{ ч}$.

Найти: T .

1. Определение коэффициента α :

$$\alpha = \frac{P_1}{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{осл}}} = \frac{4}{5 \cdot 1} = 0,8.$$

2. По таблице 6.2 при условии, что к моменту начала работы после аварии прошло 12 ч, допустимое время работы T составило 3 ч 30 мин.

Таблица 6.2. – Продолжительность работы на радиоактивно зараженной местности при установленной допустимой дозе излучения

$\alpha = P_1 / D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{осл}}$	Продолжительность работы на радиоактивно зараженной местности T (ч, мин), если время, прошедшее с момента аварии до начала облучения t_H (ч), составляет							
	1	2	3	4	6	8	12	24
0,2	7.30	8.35	10.00	11.30	12.30	14.00	16.00	21.00
0,3	4.50	5.35	6.30	7.10	8.00	9.00	10.30	13.30
0,4	3.30	4.00	4.35	5.10	5.50	6.30	7.30	10.00
0,5	2.45	3.05	3.35	4.05	4.30	5.00	6.00	7.50
0,6	2.15	2.35	3.00	3.20	3.45	4.10	4.50	6.25
0,7	1.50	2.10	2.30	2.40	3.10	3.30	4.00	5.25
0,8	1.35	1.50	2.10	2.25	2.45	3.00	3.30	4.50
0,9	1.25	1.35	1.55	2.05	2.25	2.40	3.05	4.00
1,0	1.15	1.30	1.40	1.55	2.10	2.20	2.45	3.40

Доза, полученная спасателями, составила $D_3 = D_{\text{доп}} = 5 \text{ Р}$.

Ситуация 4.

Дано: $t_0 = 8,5$ ч;
 $P_H = 1,8$ Р/ч;
 $T = 4$ ч;

Найти: D_4 .

1. Определение уровня радиации на момент окончания работы:

$$P_k = P_H \cdot (t_k/t_H)^{-0,4} = 1,8 \cdot \left(\frac{28}{24}\right)^{-0,4} = 1,70 \text{ (Р/ч)}.$$

2. Определение дозы:

$$D_4 = \frac{1,7 \cdot (1,70 \cdot 28 - 1,8 \cdot 24)}{1} = 7,48 \text{ (Р)}.$$

При выполнении работ доза, полученная спасателями, составила $D_4 = 7,48$ Р. Суммарная доза с момента преодоления участка и начала работы составила

$$D_\Sigma = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,97 + 7,55 + 5 + 7,48 = 21,00 \text{ (Р)}.$$

Разовая доза, полученная спасателями, на 4,0 Р меньше максимально допустимой для персонала категории А (25 Р).

Ситуация 5.

Дано: $n = 3$;
 $P_H = 2,8$ Р/ч;
 $T = 6$ ч.

Найти: D_5 .

1. Определение уровня радиации на момент окончания работы:

$$P_k = P_H \cdot (t_k/t_H)^{-0,4} = 2,8 \cdot \left(\frac{24 \cdot 7 \cdot 3 + 6}{24 \cdot 7 \cdot 3}\right)^{-0,4} = 2,78 \text{ (Р/ч)}.$$

2. Определение дозы:

$$D_5 = \frac{1,7 \cdot (P_k \cdot t_k - P_H \cdot t_H)}{K_{\text{ост}}} = \frac{1,7 \cdot (2,78 \cdot 510 - 2,8 \cdot 504)}{1} = 11,22 \text{ (Р)}.$$

3. Определение суммарной дозы с момента окончания аварийных работ:

$$D = D_5 + D_\Sigma \cdot K_{\text{ост}} = 11,22 + 21,00 \cdot 0,6 = 23,82 \text{ (Р)}.$$

Значение коэффициента остаточной дозы $K_{\text{ост}} = 0,6$.

Таблица 6.3. – Величины коэффициента остаточных доз

Время после облучения, недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Коэффициент остаточной дозы $K_{ост}$	0,90	0,75	0,60	0,50	0,42	0,35	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,11	0,08

Вывод: суммарная доза, полученная спасателями на момент аварийно-спасательных работ, с учётом остаточной дозы, составляет 23,82 Р, что несколько ниже допустимой для персонала категории А.

Суммарная общая доза без учёта остаточной дозы составляет 32,22 Р, что на 67,78 Р ниже максимально допустимой дозы за 30 суток (100 Р), не вызывающей лучевой болезни. Следовательно, потенциальной опасности для здоровья спасателей нет.

Практическая работа № 7 Оценка химической обстановки при авариях на химически опасных объектах

Цель работы: произвести оценку химической обстановки при авариях на химически опасных объектах (ХОО).

Задача. На ХОО, расположенном на расстоянии R км от населенного пункта, в результате производственной аварии произошло разрушение емкости, содержащей Q_0 т СДЯВ. Характер разлива – свободный (в обваловку высотой H). В населенном пункте проживает n чел., из них находится: в зданиях ($n_з$) – 80 %, на открытой местности ($n_о$) – 20 %. Обеспеченность населения противогАЗами – 50 %. Наиболее вероятные метеоусловия: степень вертикальной устойчивости воздуха – инверсия, ветер западный, U , м/с, температура воздуха – t °С. Время от начала аварии – T ч. Численные значения исходных данных примера приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1. – Исходные данные для исследования химической обстановки при аварии на химически опасном объекте с выливом одного вида СДЯВ

Вариант	R , км	n , чел.	% обеспеч. противогАЗ.	H , м	СДЯВ	Q_0 , т	T , ч	v , м/с	t , °С
0	5	600	100	1,4	Аммиак	1200	2	4	+20
1	8	1200	70	1,2	Фосген	1400	2	3	+40
2	12	700	20	1,6	Хлор	1300	3	1	+20
3	8	400	80	1,3	Аммиак	800	2	2	+20
4	6	100	60	1,5	Фтор	1600	3	4	0
5	12	800	100	1,7	Хлор	1500	4	3	0

Вариант	R, км	n, чел.	% обеспеч. противогаз.	H, м	СДЯВ	Q ₀ , т	T, ч	v, м/с	t, °C
6	8	700	70	1,8	Сероводород	1400	4	2	-20
7	9	1800	60	1,4	Аммиак	1400	3	1	+40
8	7	1300	50	1,5	Хлор	1600	5	3	0
9	16	2100	70	1,6	Сероводород	2000	4	2	-20
10	15	900	80	1,7	Сероводород	2200	5	1	0
11	6	1700	90	1,2	Хлор	1700	4	4	0
12	7	1900	30	1,5	Аммиак	1600	5	2	-20
13	11	1100	80	1,3	Хлор	2000	3	3	+40
14	9	500	50	1,4	Сероводород	1300	3	1	+20
15	10	800	100	1,2	Фтор	1400	5	4	-20
16	7	1600	80	1,4	Аммиак	1800	4	2	0
17	8	800	40	1,6	Хлор	900	3	1	-20
18	11	1100	60	1,6	Сероводород	1600	4	2	-20
19	14	1300	100	1,5	Хлор	2200	3	3	0
20	12	1500	70	1,4	Аммиак	2000	5	1	0
21	10	700	60	1,3	Сероводород	1000	3	4	40
22	9	900	90	1,6	Хлор	1200	4	1	20
23	16	2000	40	1,8	Хлор	2400	4	4	20
24	11	1900	30	1,5	Аммиак	1700	3	3	20
25	5	1400	100	1,8	Сероводород	800	2	2	-20

1. Определение эквивалентного содержания аммиака в первичном облаке:
– инверсия

$$Q_{э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1200 = 8,64 \text{ (т)},$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения СДЯВ (для сжиженных газов $K_1 < 1$; для сжатых газов $K_1 = 1$);

K_3 – коэффициент, учитывающий токсичность;

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха ($K_5 = 1$ – инверсия; $K_5 = 0,23$ – изотермия, $K_5 = 0,08$ – конвекция);

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха. Для сжатых газов $K_7 = 1$. Коэффициенты K_1 , K_3 , K_7 определяются по таблице 1 приложения к работам № 7 и № 8);

Q_0 – количество вылившегося при аварии вещества, т.

2. Определение времени испарения:

– при свободном выливе

$$t_{и} = hp / \kappa_2 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_7 = 0,05 \cdot 0,68 / 0,025 \cdot 2 \cdot 1 = 0,68 \text{ (ч)};$$

– при выливе в обваловку

$$t_{и} = (H - 0,2) \cdot \rho / \kappa_2 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_7 = (1,4 - 0,2) \cdot 0,68 / 0,025 \cdot 2 = 16,3 \text{ (ч)},$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств СДЯВ (таблица 1 приложения к работам № 7 и № 8);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (таблица 2 приложения к работам № 7 и № 8);

h – толщина слоя разлива (при свободном разливе $h = 0,05$ м, при выливе в обваловку $h = H - 0,2$ м, где H – высота вала, м).

3. Определение эквивалентного количества аммиака во вторичном облаке:

– инверсия при свободном выливе

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0 / h\rho =$$

$$= (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,68^{0,8} \cdot 1 \cdot 1200 / 0,05 \cdot 0,68 = 42,25 \text{ (т)};$$

– инверсия при выливе в обваловку

$$Q_{32} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2^{0,8} \cdot 1 \cdot 1200 / 1,2 \cdot 0,68 = 4,2 \text{ (т)},$$

где K_6 – коэффициент, зависящий от времени T , прошедшего после аварии.

$K_6 = T^{0,8}$ при $T < t_{и}$ и $K_6 = t_{и}^{0,8}$ при $t_{и} \leq T$.

4. Глубина распространения первичного облака:

– инверсия

$$\Gamma_1 = \Gamma_m + \frac{\Gamma_6 - \Gamma_m}{m_6 - m_m} \cdot (m_{ф} - m_m) = 4,36 + \frac{6,46 - 4,36}{10 - 5} \cdot (8,64 - 5) = 5,88 \text{ (км)};$$

– глубина зоны заражения для первичного Γ_1 , м, и вторичного Γ_2 , м, облаков определяется по таблице 3 приложения к работам № 7 и № 8, при этом интерполяция значений глубин осуществляется по формуле

$$\Gamma = \Gamma_m + \frac{\Gamma_6 - \Gamma_m}{m_6 - m_m} \cdot (m_{ф} - m_m),$$

где Γ_m, Γ_6 – меньшее и большее табличные значения глубины зоны заражения соответственно;

m_m, m_6 – меньшее и большее табличные значения массы СДЯВ соответственно;

$m_{ф}$ – приведенная фактическая масса вылившегося СДЯВ ($m_{ф} = Q_{31}$; $m_{ф} = Q_{32}$).

5. Глубина распространения вторичного облака:

– при свободном выливе инверсия

$$\Gamma_2 = 12,8 + \frac{16,43 - 12,8}{50 - 30} (42,25 - 30) = 14,78 \text{ (км)};$$

– при выливе в обваловку инверсия

$$\Gamma_2 = 3,28 + \frac{4,36 - 3,28}{5 - 3} (4,2 - 3) = 3,93 \text{ (км)}.$$

6. Полная глубина заражения по массе вылившегося вещества:

– при свободном выливе инверсия

$$\Gamma_m = \Gamma' + 0,5\Gamma'' = 14,78 + 0,5 \cdot 5,88 = 17,72 \text{ (км)};$$

– при выливе в обваловку инверсия

$$\Gamma_m = 5,88 + 0,5 \cdot 3,93 = 7,84 \text{ (км)},$$

где Γ' и Γ'' – соответственно наибольший и наименьший размеры зоны заражения Γ_1 или Γ_2 .

7. Возможная глубина переноса аммиака воздушными массами на время $T = 2$ ч:

– в соответствии с таблицей 1 приложения к работам № 7 и № 8 скорость переноса облака зараженного воздуха имеет значение:

инверсия – 21 км/ч;

– глубина переноса:

инверсия

$$\Gamma_T = T \cdot v = 2 \cdot 21 = 42 \text{ (км)},$$

где v – скорость переноса облака СДЯВ воздушными массами (таблица 4 приложения к работам № 7 и № 8).

За окончательную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений Γ_m или Γ_T , так как если прошло много времени с момента аварии, а масса вылившегося СДЯВ незначительна, то окончательная глубина зоны заражения на момент времени T будет определяться массой вылившегося СДЯВ и наоборот, если с момента аварии прошло небольшое время, а масса вылившегося СДЯВ велика, то окончательная глубина зоны заражения на рассматриваемый момент времени T будет определяться глубиной переноса СДЯВ воздушными массами;

Фактическая глубина и в последующем площадь заражения на время 2 ч будет определяться массой вылившегося аммиака.

8. Площадь возможного заражения:

– при свободном выливе величина углового размера зоны заражения

$$\varphi = 45^\circ \text{ при } v_b > 2 \text{ м/с,}$$

инверсия

$$S_M = \frac{\pi R^2 \varphi}{360^\circ} = \frac{3,14 \cdot 17,72^2 \cdot 45^\circ}{360^\circ} = 123,3 \text{ км}^2;$$

– при выливе в обваловку инверсия

$$S_M = \frac{3,14 \cdot 7,84^2 \cdot 45^\circ}{360^\circ} = 24,12 \text{ км}^2,$$

где φ – угловой размер зоны заражения, град:

$\varphi = 360^\circ$ при $v_B < 0,5$ м/с;

$\varphi = 180^\circ$ при $v_B = 0,5 - 1$ м/с;

$\varphi = 90^\circ$ при $1 < v_B \leq 2$ м/с;

$\varphi = 45^\circ$ при $v_B > 2$ м/с.

9. Возможная площадь зоны заражения на момент времени $T = 2$ ч по переносу зараженного облака воздушными массами:

– инверсия

$$S_T = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot T^{0,2} = 0,081 \cdot 42^2 \cdot 2^{0,2} = 164,3 \text{ км}^2,$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от вертикальной устойчивости воздуха ($K_8 = 0,081$ при инверсии, $K_8 = 0,133$ при изотермии, $K_8 = 0,235$ при конвекции).

10. Время подхода зараженного воздуха:

– инверсия

$$t_n = R / v = 5 / 21 = 0,238 \text{ ч (14,3 мин)},$$

где R – расстояние до источника заражения, км.

11. Потери людей составят

$$П = п \cdot k = 600 \cdot 0,5 = 300 \text{ чел.}$$

Следует заметить, что данные по потерям говорят о том, что из числа людей, находящихся на открытой местности без средств защиты органов дыхания, могут спастись 10 % (30 чел.). Это будут те, которые хорошо усвоили способы защиты при химическом заражении, правильно оценили обстановку и сумели уклониться от поражения. В то же время, если в этих же условиях все 300 чел. имеют средства защиты, то получают поражение 10 % (30 чел.): из них 25 % (8 чел.) – легкой степени; 4 % (12 чел.) – средней и тяжелой степени; 35 % (10 чел.) – со смертельным исходом. Это будут люди, отличающиеся небрежностью, которые неправильно выбрали противогаз, неправильно хранили или привели его в негодность, не смогли правильно оценить обстановку.

12. Определение времени пребывания людей в средствах защиты кожи:

– в соответствии с таблицей 5 это время при температуре воздуха $+20$ °С составляет 2 ч.

Выводы по результатам расчетов выявления и оценки химической обстановки должны содержать предложения по экстренной защите жителей населенного пункта. Они могут содержать:

- организацию оповещения населения и его информирования о порядке действий (видимо, достаточно использовать локальную сеть оповещения ХОО);
- порядок использования средств индивидуальной защиты (противогазов, ватно-марлевых повязок);
- порядок использования защитных свойств убежищ (при наличии времени) или жилых и производственных зданий;
- вывод населения в безопасные районы (при наличии времени) и т. д.

Практическая работа № 8

Определения химической обстановки при аварии на химически опасном объекте с выливом нескольких видов СДЯВ

Цель работы: определить химическую обстановку при аварии на химически опасном объекте с выливом нескольких видов СДЯВ.

Задача. На химически опасном объекте произошла авария со свободным выливом Q_{01} (т) СДЯВ-1, Q_{02} (т) СДЯВ-2, Q_{03} (т) СДЯВ-3. Определить глубину зоны заражения спустя 3 ч после аварии, если температура воздуха 20 °С.

Вариант	Q_{01} , т	Виды СДЯВ-1	Q_{02} , т	Виды СДЯВ-2	Q_{03} , т	Виды СДЯВ-3	T	t , °С
0	60	хлор	300	аммиак	400	нитрилакриловая кислота	3	20
1	200	ацетонитрил	600	аммиак	200	хлор	2	20
2	200	сероводород	400	хлор	300	сероуглерод	3	0
3	400	сероуглерод	200	аммиак	150	хлор	3,5	40
4	200	ацетонитрил	350	хлор	400	сероводород	4	20
5	350	хлор	400	сероуглерод	250	нитрилакриловая кислота	3	40
6	300	аммиак	250	нитрилакриловая кислота	400	сероуглерод	4	0
7	300	хлор	200	аммиак	250	сероводород	3	40
8	250	сероводород	350	хлор	400	нитрилакриловая кислота	4	20
9	210	хлор	400	нитрилакриловая кислота	200	сероводород	3	0
10	350	аммиак	260	хлор	300	ацетонитрил	4	40
11	300	ацетонитрил	310	сероводород	400	аммиак	4	0

Вариант	Q ₀₁ , т	Виды СДЯВ-1	Q ₀₂ , т	Виды СДЯВ-2	Q ₀₃ , т	Виды СДЯВ-3	T	t, °C
12	250	аммиак	180	нитрилакриловая кислота	320	сероуглерод	3	20
13	310	хлор	260	аммиак	190	сероводород	3	20
14	200	сероуглерод	250	аммиак	300	хлор	3,5	40
15	200	хлор	350	сероводород	200	аммиак	3	20
16	310	сероводород	400	хлор	300	сероуглерод	3	0
17	380	аммиак	210	сероуглерод	220	ацетонитрил	3,5	20
18	200	хлор	450	аммиак	180	сероводород	3	40
19	250	сероуглерод	320	хлор	210	нитрилакриловая кислота	4	20
20	380	аммиак	200	хлор	290	сероуглерод	3	0
21	400	ацетонитрил	180	аммиак	240	сероводород	3,5	40
22	360	хлор	210	сероуглерод	180	сероводород	3	20
23	340	аммиак	310	сероуглерод	400	хлор	4	40
24	260	хлор	280	нитрилакриловая кислота	410	сероводород	3	20
25	390	аммиак	300	ацетонитрил	240	сероводород	3	20

1. Определение времени испарения СДЯВ:

– хлор:

$$t_{\text{и}} = h\rho / K_2 K_4 K_7 = 0,05 \cdot 1,55 / 0,053 \cdot 1 \cdot 1 = 1,46 \text{ (ч);}$$

– аммиак:

$$t_{\text{и}} = 0,05 \cdot 0,68 / 0,025 \cdot 1 \cdot 1 = 1,36 \text{ (ч);}$$

– нитрилакриловая кислота:

$$t_{\text{и}} = 0,05 \cdot 0,866 / 0,007 \cdot 1 \cdot 1 = 6,18 \text{ (ч).}$$

2. Определение эквивалентного количества СДЯВ в облаке зараженного воздуха:

$$Q_{\text{э}} = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \sum (K_2 \cdot K_3 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_i / \rho_i) =$$

$$= 20 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (0,053 \cdot 1 \cdot 1,46 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 60 / 1,55 + 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1,36 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 300 / 0,681 +$$

$$+ 0,007 \cdot 0,8 \cdot 30,8 \cdot 1 \cdot 400 / 0,866) = 191,2 \text{ (т).}$$

3. Определение глубины зоны заражения по массе вылившегося СДЯВ:

$$\Gamma = \Gamma_m + \frac{\Gamma_b - \Gamma_m}{m_b - m_m} (m_{\phi} - m_m) =$$
$$= 81,91 + \frac{166 - 81,91}{300 - 100} (191,2 - 100) = 120,26 \text{ (км)}.$$

4. Определение возможной глубины переноса СДЯВ воздушными массами на момент времени T :

$$\Gamma = T \cdot v = 3 \cdot 5 = 15 \text{ (км)}.$$

Вывод. На время $T = 3$ ч после аварии глубина зоны заражения СДЯВ составит 15 км. Предельно возможная глубина заражения по массе вылившегося СДЯВ может составить 120,26 км. При имеющейся скорости ветра эта глубина заражения может быть достигнута через 24 ч, т. е. через сутки.

ПРИЛОЖЕНИЕ к работам № 7 и № 8

Таблица 1. – Значения вспомогательных коэффициентов для расчета глубины зоны заражения

СДЯВ	Плотность СДЯВ		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг-мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
	газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха, °С				
								– 40	– 20	0	20	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Акролеин	—	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	3	0,1	0,2	0,4	1	2,2
2. Аммиак: – хранение под давлением; – изотермическое хранение	0,0008	0,681	– 33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	—	0,681	– 33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
3. Ацетонитрил	—	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,2	0,1	0,3	1	2,6
4. Ацетонциангидрин	—	0,932	120	1,9**	0	0,004	0,316	0	0	0,3	1	1,5
5. Диметиламин	0,002	0,68	6,8	1,2*	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	0,5/1
6. Метиламин	0,0014	0,699	–6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,3/1	1/1	1,8/1
	—	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
	0,0023	0,983	– 23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
7. Метилакрилат	—	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,1	0,1	0,2	0,4	1	3,1
8. Метилмеркаптан	—	0,867	5,95	1,7*	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	0,4/1
9. Нитрилакриловая кислота	—	0,866	77,3	0,75	0	0,007	0,8	0,04	0,1	0,4	1	2,4
10. Оксид азота	—	1,491	21	1,5	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1	1
11. Оксид этилена	—	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12. Сероводород	0,0015	0,964	- 60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
13. Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,0049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
14. Сероуглерод	—	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
15. Соляная кислота (конц.)	—	1,198	-	2	0	0,021	0,3	0	0,1	0,3	1	1,6
16. Триметиламин	—	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2/2,1
17. Формальдегид	—	0,815	-19	0,6*	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
18. Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
19. Фтор	0,0017	1,512	- 188,2	0,2*	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
20. Хлор	0,0032	1,553	- 34,1	0,6	0,18	0,053	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
21. Хлорпикрин	—	1,658	112,3	0,02	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9
22. Хлорциан	0,0021	1,22	12,6	0,75	0,04	0,048	0,8	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
23. Этиленимин	—	0,838	55	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
24. Этиленсульфид	—	1,005	55	0,1*	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1	2,2

Примечания:

1. Плотности газообразных СДЯВ в графе 3 приведены для атмосферного давления; при давлении в ёмкости, отличном от атмосферного, плотности определяются путем умножения данных графы 3 на значение давления в атмосфере (1 атм = 760 мм рт.ст.).

2. Значения K_7 в графах 10–14 приведены для первичного (первое число) и для вторичного (второе число) облака.

3. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно: $D = 240 K \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}$, где D – токсодоза, $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ – ПДК рабочей зоны, мг/г, по ГОСТ 12.1.005-88; $K = 5$ для раздражающих СДЯВ (помечены одной звездочкой); $K = 9$ для всех прочих СДЯВ (помечены двумя звездочками).

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

Таблица 2. – Значения коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_4	1	1,33	1,67	2	2,34	3,67	20	3,34	3,67	4	5,68

Таблица 3. – Глубина зоны заражения, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество СДЯВ, т																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1 и менее	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,2	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	363	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,3	61,47	84,5	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,8	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,6	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,7	110
7	0,14	0,32	0,45	1	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,3
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,7	86,2
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,86	9,12	11,03	13,5	25,39	34,24	41,76	51,6	78,3
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,61	38,5	47,53	71,9
11	0,11	0,25	0,36	0,8	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,2	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,15	66,62
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,3	62,2
13	0,1	0,23	0,33	0,74	1,04	1,8	2,37	3,29	4,66	5,7	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,9	58,44
14	0,1	0,22	0,32	0,71	1	1,74	2,24	3,17	4,49	5,5	7,1	8,4	10,04	18,46	24,69	29,95	36,81	55,2
15 и более	0,1	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,7	17,6	23,5	28,48	34,98	52,3,7

Таблица 4. – Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра, км/ч

Степень вертикальной устойчивости ветра	Скорость ветра, м/с															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Инверсия	5	10	16	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Изометрия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88	—
Конвекция	7	14	21	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 5.-Допустимое время пребывания людей в средствах защиты

Температура воздуха, °С	Время пребывания людей в средствах защиты кожи, ч
$T > 30$	0,3
$25 < T \leq 30$	0,5
$20 < T \leq 25$	0,8
$16 < T \leq 20$	2,0
$T \leq 16$	3,0

Практическая работа № 9

Расчет защиты от ионизирующего излучения

Цель занятия: закрепление полученных при изучении темы «Ионизирующие излучения» теоретических знаний и формирование практических навыков расчета организационных и технических мероприятий по защите персонала и населения от воздействия радиоактивных излучений.

Общие сведения

Излучение в широком понимании – это самопроизвольный или обусловленный какими-либо причинами процесс испускания материальными веществами энергии.

Ионизирующее излучение (ИИ) – любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию в последней электрических зарядов разных знаков.

Ионизирующее излучение может быть корпускулярным и фотонным.

Корпускулярное ИИ состоит из частиц с массой покоя, отличной от нуля (ядра гелия (α -излучение), электроны (β -излучение), протоны, нейтроны).

Фотонное излучение обусловлено действием частиц с массой покоя, равной нулю. Возникает оно при ядерных превращениях, аннигиляции (взаимоуничтожении) частиц и имеет электромагнитную природу. Различают следующие виды фотонного излучения:

- *тормозное* – излучение с непрерывным спектром, возникает при изменении кинетической энергии заряженных частиц;
- *характеристическое* – излучение с дискретным спектром, возникает при изменении энергетического состояния атомов;
- *рентгеновское излучение* – совокупность тормозного и характеристического излучений с энергией фотонов 1–1000 кэВ (килоэлектрон-Вольт);
- *гамма-излучение* – фотонное излучение, которое принято рассматривать как поток частиц, называемых гамма-квантами, а не электромагнитных волн, т. к. его корпускулярные свойства (фотоэффект) преобладают над волновыми (дифракция, интерференция).

Процесс поглощения веществом энергии под действием ионизирующего излучения называется *облучением*. Реакцию человека на облучение называют *лучевой болезнью*.

Характеристики излучений. Интенсивность изменений в биологических тканях под воздействием ИИ (степень воздействия) определяют следующие факторы:

- мощность источника;
- вид излучения;
- время воздействия;
- индивидуальные особенности организма.

Энергию излучения, которая расходуется на ионизацию, измеряют во внесистемных единицах, которые называются электрон-вольт (эВ). Энергию в 1 эВ

приобретает электрон с зарядом «-1» при прохождении ускоряющей разности потенциалов в 1 В, $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,8 \cdot 10^{-20} \text{ кал}$.

Важной характеристикой источника ионизирующего излучения является активность источника, равная числу самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за определенный интервал времени. Единица активности – беккерель (Бк), равный 1 ядерному превращению (распаду) за 1 с. Единицу, равную $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк, называют Кюри (Ки), что соответствует активности 1 г радия. На практике используют удельную активность (Бк/кг; Ки/кг), объемную (Бк/л; Ки/л), а также активность, отнесенную к площади (Бк/м²; Ки/км²).

Опасность вида излучения для организма человека определяется его ионизирующей способностью (пропорциональной массе частиц) и проникающей способностью (обратно пропорциональной массе частиц, за исключением нейтронов, имеющих высокую проникающую способность за счет отсутствия электрического заряда).

Ионизирующая способность излучения является мерой ионизации и имеет размерность количества электричества (кулон), отнесенного к единице массы ионизируемой среды (К/кг). Этот показатель, характеризующий величину появившихся под действием излучения зарядов электричества в единице массы вещества, называют экспозиционной дозой, измеряемой в рентгенах (Р).

1 рентген – мера экспозиционной дозы ионизирующего излучения, под действием которого в облучаемой среде (1 см³ сухого воздуха при температуре 0°С и давлении 760 мм рт. ст.) возникает 1 электростатическая единица электричества (э.с.е.), эквивалентная $2,08 \cdot 10^9$ зарядам пар ионов. В системе СИ получим соотношение $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ К/кг}$.

Величину, равную отношению средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме, называют поглощенной дозой.

Единица поглощенной дозы – Грей (Гр), является основной дозиметрической величиной. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$. В радах также выражается энергетический эквивалент рентгена (э.э.р.): на генерацию 1 Р необходимо затратить 0,0088 Дж/кг энергии, т. е. $1 \text{ э.э.р.} = 0,88 \text{ рад}$ или $0,0114 \text{ Дж/кг} = 1,14 \text{ э.э.р.} = 1 \text{ рад}$.

Биологическое (патологическое) воздействие на человека облучения от источников различных излучений неодинаково. Кроме того, разные органы и ткани имеют различную радиочувствительность. Так, облучение всего тела в 10 раз потенциально вреднее, чем облучение костной ткани или щитовидной железы в отдельности, и в 2 раза вреднее, чем облучение молочной железы.

Соответственно, для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения произвольного состава вводится понятие эквивалентной дозы, определяемой как произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества (таблица 9.1). Дозу, определенную с учетом возможных последствий облучения всего тела и его локальных зон, называют эффективной эквивалентной дозой. Последняя определяется как произведение эквивалентной дозы на коэффициент радиационного риска (таблица 9.2).

Коэффициент качества K_k – весовой коэффициент, учитывающий потенциальную вредность различных облучений в сравнении с γ -излучением при одинаковом уровне экспозиционной дозы. Значения коэффициента K_k приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1. – Значения коэффициента K_k

Вид излучения	Коэффициент качества K_k
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Электроны и позитроны, бета-излучение	1
Протоны с энергией до 10 МэВ	10
Нейтроны с энергией до 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией более 10 МэВ	10
Альфа-излучение с энергией до 10 МэВ	20
Тяжелые ядра	20

Таблица 9.2. – Значения коэффициента K_p

Орган или ткань	Коэффициент радиационного риска K_p
Красный костный мозг	0,12
Костная ткань	0,03
Щитовидная железа	0,03
Молочная железа	0,15
Легкие	0,12
Половые железы	0,25
Остальные органы (ткани)	0,30
	$\sum K_{pj} = 1,00$

Единица эквивалентной дозы – Зиверт (Зв). 1 Зв = 100 бэр = 1 Дж/кг. Бэр – внесистемная единица (биологический эквивалент рада).

Основные нормы радиационного контроля. С учетом того, что степень ионизирующего воздействия излучения на разные ткани (органы) различна, выделены 3 группы критических органов в порядке убывания радиочувствительности:

- 1 – все тело, красный мозг, гонады;
- 2 – мышцы, хрусталик глаза, щитовидная железа, печень, почки, легкие, жировая ткань, желудочно-кишечный тракт и др. внутренние органы;
- 3 – кожа, костная ткань, кисти, предплечья, стопы, лодыжки.

Предусмотрено три категории облучаемых лиц:

- А – персонал, непосредственно работающий с источниками радиоактивных веществ;
- Б – лица, которые по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующих излучений (ограниченная часть населения);
- В – остальное население.

Для категории А установлена предельно-допустимая доза (ПДД) облучения за год; для категории Б – предел дозы (ПД) за год. Для остального населения (категория В) нормы устанавливаются Министерством здравоохранения с учетом местных особенностей.

Под ПДД понимают максимальное значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызывает неблагоприятных изменений в состоянии здоровья облучаемого и его потомства. В любом случае к 30 годам накопленная доза не должна превышать 12 ПДД. Дозовые пределы приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3. – Дозовые пределы

Категория населения	Нормируемый показатель	Дозовые пределы облучения, бэр/год по группам критических органов		
		1	2	3
А	ПДД	5	15	30
Б	ПД	0,5	1,5	3

По нормативным значениям эквивалентной дозы определяют мощность экспозиционной дозы, т. е. допустимую мощность источника ИИ.

Допустимая мощность эффективной эквивалентной дозы (ДМД) внешнего облучения всего тела для лиц категории А при работе в течение года с ионизирующими излучениями в течение 1700 ч/год не должна превышать 0,05 Зв/год = 30 мкЗв/ч = 0,03 мбэр/ч. Допустимая мощность экспозиционной дозы D_0 в пересчете составит

$$D_{0A} = 0,1 \text{ Р/нед.} \quad (1)$$

Для лиц категории Б, находящихся на территории учреждения и в пределах санитарно-защитной зоны в течение стандартного времени (2000 ч/год), ДМД не должна превышать 0,005 Зв/год = 2,4 мкЗв/час.

$$D_{0B} = 0,01 \text{ Р/нед.} \quad (2)$$

При нахождении в жилых помещениях вне санитарно-защитной зоны (категория В) в течение стандартного времени (8000 ч/год) ДМД не должна превышать 0,0005 Зв/год = 0,6 мкЗв/час.

$$D_{0B} = 0,001 \text{ Р/нед.} \quad (3)$$

Расчет мер защиты от внешнего излучения

Для расчета необходимых мер защиты используются следующие характеристики источников излучений.

Полная ионизационная гамма-постоянная (или просто гамма-постоянная) данного изотопа определяется как мощность экспозиционной дозы в Р/час, которая создается точечным источником гамма-излучения с активностью в 1 мКи на расстоянии 1 см без начальной фильтрации:

$$K_j = PR^2 / A, \text{ Р} \cdot \text{см} / (\text{ч} \cdot \text{мКи}), \quad (4)$$

где P – мощность экспозиционной дозы, Р/ч;

R – расстояние, $R = 1$ см;

A – активность, мКи.

Гамма-эквивалент источника определяется относительно эталонного (в качестве эталона принят точечный источник радия активностью 1 мКи с фильтром из платины толщиной 0,5 мм, находящийся в равновесии со своими продуктами распада и создающий на расстоянии 1 см мощность экспозиционной дозы, равную 8,4 р/ч) при одинаковых условиях и выражается в миллиграмм-эквивалентах радия (мг-эquiv. Ра):

$$m_{\text{ист}} = K_j A / 8,4 R^2, \text{ мг-эquiv. Ра}, \quad (5)$$

где $m_{\text{ист}}$ – гамма-эквивалент исходного источника, мг-эquiv. Ра;

A – активность радионуклида, мКи;

8,4 – мощность дозы радиевого эталона, Р/(ч·мг-эquiv. Ра);

R – эталонное расстояние при определении гамма эквивалента, принимается равным 1 см.

Энергия γ -квантов W_{Φ} оценивается по формуле (6) с учетом величины флюенса излучения Φ , фотон/см². Флюенсом называют поток частиц (фотонов) через единицу площади, создающий определенную эквивалентную дозу.

$$W_{\Phi} = 10^8 D_{\text{O(A,B,V)}} K(K_k / \Phi), \text{ МэВ}, \quad (6)$$

где $D_{\text{O(A,B,V)}}$ – допустимая доза в Зв/год;

K_k – коэффициент качества излучения (см. таблицу 9.1);

K – кратность ослабления;

Φ – флюенс, фотон/см² (см. варианты в таблице 9.7).

Меры защиты определяются на основе расчета следующих показателей:

1. *Допустимое время* непосредственной работы персонала с источником t :

$$t = 10^4 D_{\text{OА}} r_{\Phi}^2 / m_{\text{ист}} 8,4, \text{ час/нед}, \quad (7)$$

где $D_{\text{OА}}$ – допустимая мощность дозы для персонала, $D_{\text{OА}} = 0,1$ Р/нед;

r_{Φ} – фактическое расстояние между работником и источником, м (см. варианты в таблице 9.7);

$m_{\text{ист}}$ – гамма-эквивалент заданного источника, мг-эquiv. Ра.

2. *Максимальная мощность источника $m'_{\text{ист}}$* , с которой может работать персонал полную рабочую неделю:

$$m'_{\text{ист}} = 10^4 D_{\text{OА}} r_{\Phi}^2 / 8,4 t_{\text{н}}, \text{ мг-эquiv. Ра}; \quad (8)$$

где $t_{\text{н}}$ – продолжительность рабочей недели, ч/нед, $t_{\text{н}} = 36$ ч/нед.

3. Минимально допустимое расстояние $r_{\text{рас}}$, на котором должны находиться лица на территории учреждения в пределах санитарно-защитной зоны, определяем по формуле

$$r_{\text{рас}} = \sqrt{\frac{8,4 m_{\text{ист}} t_n}{10^4 D_{\text{ОБ}}}}, \text{ м}, \quad (9)$$

где $D_{\text{ОБ}}$ – допустимая мощность дозы для лиц категории Б, $D_{\text{ОБ}} = 0,01 \text{ Р/нед}$.

4. Толщина экрана из заданного материала $d_{\text{э}}$ определяется через толщину экрана из свинца $d_{\text{св}}$, для чего производится расчет мощности дозы заданного источника D по формуле

$$D = 8,4 m_{\text{ист}} t_n / (10^4 \cdot r^2), \text{ Р/нед}. \quad (10)$$

Затем осуществляют расчет необходимой кратности ослабления излучения по формуле

$$K = D / D_{\text{ОА}}. \quad (11)$$

Необходимая толщина свинцового экрана $d_{\text{св}}$ определяется по таблице 9.4 по величине кратности ослабления излучения K и энергии γ -излучения W . Энергия одного γ -кванта за период 1700 ч работы в год рассчитывается по формуле (6).

Если для защиты используют экраны из других материалов, то толщина такого экрана $d_{\text{э}}$, определится по формуле:

$$d_{\text{э}} = d_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{э}}, \text{ см}, \quad (12)$$

где $\rho_{\text{св}}$ – плотность свинца, кг/дм³;
 $\rho_{\text{э}}$ – плотность материала экрана, кг/дм³.

Таблица 9.4. – Толщина свинцового экрана

Кратность ослабления, K	Толщина защиты из свинца $d_{\text{св}}$, см									
	Энергия γ -излучения W , МэВ									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	5,0	10,0
2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,76	0,8	1,3	2,0	14,3
5	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,74	1,9	3,8	5,5	40,2
10	0,3	0,55	0,9	1,3	1,6	2,4	2,6	4,8	7,6	58,4
50	0,4	0,85	1,4	1,95	2,6	3,7	3,95	8,6	10,1	78,4
100	0,5	1,0	1,6	2,3	3,0	3,85	4,7	8,0	12,9	
1000	0,7	1,5	2,4	3,3	4,4	6,5	6,95	11,1	16,5	
10 000	1,05	2,1	3,3	4,55	5,9	8,5	9,1	14,0	20,8	

Таблица 9.5. – Плотности материалов для экранов

Наименование материалов	Плотность кг/дм ³	Наименование материалов	Плотность кг/дм ³
Алюминий	2,7	Железо	7,89
Бетон	2,1–2,7	Кирпич	1,4 – 1,9
Вода	1,0	Свинец	11,34
Воздух	0,00129	Чугун	7,2

Порядок выполнения задания

Задачей занятия является приобретение практических навыков в расчете параметров организационных и технических мероприятий радиационной защиты, а именно:

- расчет времени t_n непосредственной работы персонала с источником радиации, ч/нед;
- расчет максимальной массы m' источника радиоактивности, с которым может работать персонал при полной рабочей неделе, мг-экв. Ра;
- расчет минимально допустимого расстояния r , на котором должны находиться лица в пределах санитарной зоны без каких-либо защитных устройств, м;
- расчет толщины $d_э$ защитных экранов, выполненных из различных материалов, м.

Последовательность выполнения задания

1. Вычисление по формуле (1) гамма-постоянной данного изотопа K_γ по заданным значениям (приведены в таблице 9.6).
2. Вычисление по формуле (2) гамма-эквивалента заданного радионуклида.
3. Вычисление по формуле (7) допустимого времени t_n непосредственной работы персонала с источником.
4. Расчет по формуле (8) максимальной мощности источника $m'_{ист}$, с которой может работать персонал полную рабочую неделю.
5. Расчет минимально допустимого расстояния $r_{рас}$, на котором должны находиться лица на территории учреждения в пределах санитарной зоны, производим по формуле (9).
6. Расчет толщины экрана из заданного материала $d_э$:
 - расчет мощности дозы заданного источника D по формуле (10);
 - расчет необходимой кратности ослабления излучения (11);
 - энергия одного γ -кванта в период 1700 ч работы в год рассчитывается по формуле (6);
 - необходимая толщина экрана $d_э$ определяется по таблице 9.4 по требуемой кратности ослабления излучения (K) и энергии γ -излучения (W) с учетом выражения (12).

Таблица 9.7. – Варианты заданий

Вариант	Радионуклид	Мощность экспозиционной дозы,	Активность, мКи	Расстояние, м	Материал экрана	Флюенс, фотон/см ²
1	Стронций-90	30	10	0,1	алюминий	$2 \cdot 10^7$
2	Йод-126	50	20	0,2	бетон	$1 \cdot 10^7$
3	Скандий-46	20	10	0,3	вода	$5 \cdot 10^7$
4	Кобальт-60	50	20	0,4	воздух	$4 \cdot 10^7$
5	Кадмий-115	10	20	0,2	железо	$5 \cdot 10^7$
6	Сурьма-125	20	20	0,1	кирпич	$8 \cdot 10^7$
7	Теллур-129	20	20	0,4	чугун	$20 \cdot 10^7$
8	Цезий-134	30	50	0,3	алюминий	$3 \cdot 10^7$
9	Иридий-192	40	100	0,1	бетон	$10 \cdot 10^7$
10	Свинец-210	50	200	0,5	вода	$10 \cdot 10^7$
11	Полоний-210	50	210	0,3	железо	$10 \cdot 10^7$
12	Радий-228	240	1000	0,2	бетон	$1 \cdot 10^7$
13	Торий-230	360	1500	0,4	чугун	$10 \cdot 10^7$
14	Уран-238	560	2300	0,5	железо	$1 \cdot 10^7$
15	Плутоний-242	45 600	19 000	0,2	чугун	$10 \cdot 10^7$

Раздел 5

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

Исследование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений

Цель работы: освоение методики измерения параметров микроклимата, приобретение навыков оценки метеоусловий в производственных помещениях.

Экспериментальная часть

1. Определение температуры воздуха. Для определения температуры воздуха пользуются обычными термометрами, ртутными или спиртовыми. В условиях лаборатории температуру воздуха следует определять по сухому термометру аспирационного психрометра.

2. Определение влажности воздуха. Для определения влажности воздуха пользуются *гигрометрами и психрометрами*.

Различают абсолютную и относительную влажность. *Абсолютной влажностью* называется массовое количество водяных паров (в граммах), содержащихся в 1 м³ воздуха.

Относительная влажность – это отношение абсолютной влажности к максимальной влажности при полном его насыщении и данной температуре, выраженное в процентах.

В лаборатории определяют относительную влажность с помощью аспирационного психрометра (рисунок 1.1).

Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых термометров, ртутный сосуд одного из них закрыт батистовым мешочком.

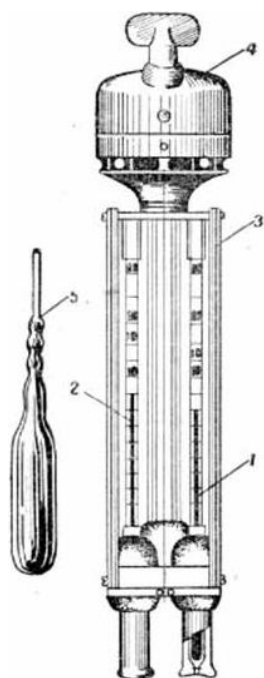
Порядок работы с аспирационным психрометром:

1) перед замером относительной влажности батистовый мешочек смачивается водой из пипетки;

2) ключом заводится пружинный двигатель вентилятора;

3) через 3–5 мин протяжки воздуха через психрометр снимаются показания «сухого» и «мокрого» термометров;

4) по номограмме (рисунок 1.2) определяется величина относительной влажности воздуха. Для этого показание «сухого» термометра по вертикальной линии проводится до пересечения с наклонной линией, соответствующей показанию «мокрого» термометра.



- 1 – ртутный термометр (влажный);
- 2 – ртутный термометр (сухой);
- 3 – оправа;
- 4 – заводной механизм и вентилятор;
- 5 – пипетка для смачивания батиста на влажном термометре

Рисунок 1.1. – Аспирационный психрометр Ассмана (ГОСТ 6353-52)

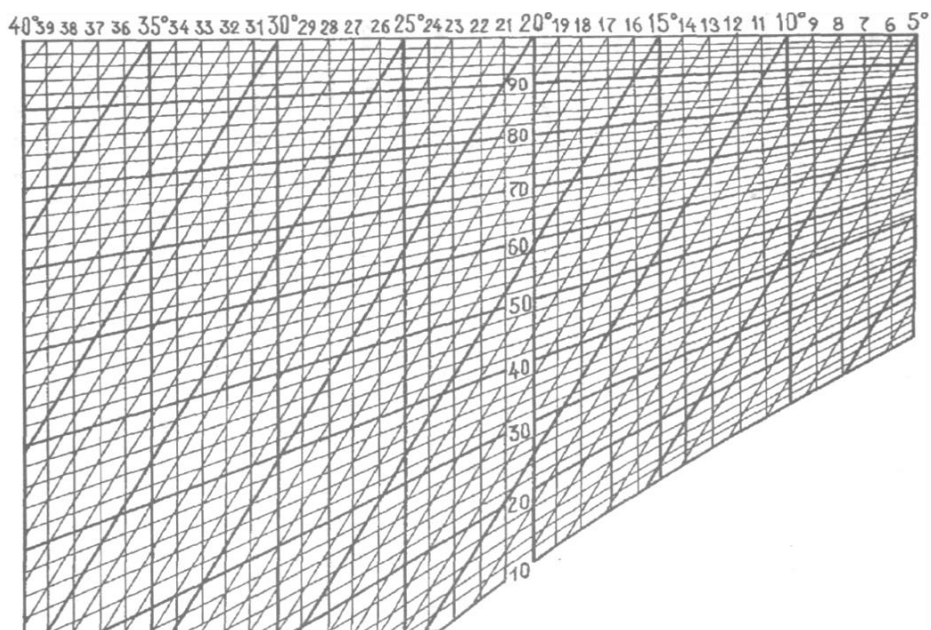


Рисунок 1.2. – Номограмма для определения относительной влажности воздуха

3. Определение параметров микроклимата с помощью метеометра МЭС-200А. Для контроля параметров воздушной среды (давления, относительной влажности, скорости воздушного потока) внутри помещений используется метеометр МЭС-200А. МЭС-200А состоит из блока электроники и измерительного щупа Щ-1 (рисунок 1.3).

Устройство и принцип действия. В качестве датчика скорости воздушного потока используется миниатюрный платиновый термометр, подогреваемый стабилизированным током до температуры (200–250 °С). В зависимости от скорости воздушного потока меняется степень охлаждения нагретого терморезистора и падения напряжения на нем, которое является мерой скорости воздушного потока.

В качестве датчика температуры используется миниатюрный платиновый терморезистор сопротивлением 1 кОм (при температуре 0°С) с нормирующим усилителем, собранным на операционном усилителе типа ОР 496.



Рисунок 1.3. – Метеометр МЭС-200А

В качестве датчика влажности используется функционально законченный сенсор влажности с нормированным выходным напряжением от 0,8 до 4,2 В с высокой степенью линейности выходного напряжения от относительной влажности. Питание МЭС-200А осуществляется от блока аккумуляторов напряжением 4,8 В или от источника электропитания напряжением 12 В и током 0,25 А.

Порядок работы метеометра МЭС-200А со щупом Щ-1:

1) при нажатии кнопки включается подсветка матричного индикатора на время 18–20 с. На индикаторе появляется надпись ЩУП «ТНС» и значение температуры (°С) и относительной влажности (%);

2) для установки МЭС-200А в режим измерения давления необходимо нажать кнопку «П». При следующем нажатии кнопки «П» метеометр возвращается в режим измерения температуры и влажности;

3) для установки метеометра в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки «П» нажать кнопку «+» и выждать 2–3 мин, после чего можно производить измерение скорости. При следующем нажатии кнопки «П» метеометр устанавливается в режим измерения температуры, влажности;

4) в режиме измерения температуры и влажности (T, H) при нажатии кнопки «П» и сразу кнопки «←» младшему разряду единицы измерения давления соответствует 0,01 кПа и 0,1 мм рт. ст.;

5) при измерении скорости воздушного потока измерительный щуп Щ-1 должен быть ориентирован относительно направления воздушного потока таким образом, чтобы плоскость приемного окна сенсора скорости измерительного щупа была перпендикулярна направлению воздушного потока, при этом головка крепежного винта на щупе должна быть направлена в сторону потока.

Порядок выполнения работы и оформление отчета

1. Усвоить методику исследования. Ознакомиться с устройством и работой психрометра и метеометра.
2. Подготовить таблицы для результатов измерений (таблицы 1.1, 1.2).
3. С разрешения преподавателя произвести соответствующие измерения и занести их в таблицы.
4. Сделать вывод о соответствии или несоответствии параметров метеосредств нормативным величинам согласно ГОСТ 12.1.005.76 (таблица 1.1).

Таблица 1.1. – Определение относительной влажности воздуха

Показания психрометра		
Температура сухого термометра $T_1, ^\circ\text{C}$	Температура мокрого термометра $T_2, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность $\varphi, \%$

Таблица 1.2. – Определение параметров микроклимата

Результаты измерения метеометром			
Температура $T, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность $\varphi, \%$	Скорость движения воздуха $v, \text{м/с}$	Давление $P, \text{мм рт. ст.}$

Безопасность при проведении работы

Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.

Лабораторная работа № 2 Исследование интенсивности теплового излучения

Цель работы: приобретение навыков инструментального замера величины интенсивности теплового излучения, исследование интенсивности теплового излучения на различных расстояниях от источника и оценка эффективности теплоотражающих экранов.

Экспериментальная часть

1. Определение интенсивности теплового излучения с помощью актинометра. Интенсивность тепловых излучений в производственных условиях измеряется прибором – *актинометром* (рисунок 2.1).

Устройство и принцип действия. Шкала актинометра отградуирована в диапазоне от 0 до 20 кал/(см²· мин). Цена одного деления шкалы – 0,5 кал/(см²· мин).

Актинометр предназначен для работы в вертикальном положении.

Действие актинометра основано на неодинаковой поглощающей способности зачерненных и блестящих полосок алюминиевой пластинки. Зачерненные полосы при тепловом облучении нагреваются сильнее блестящих, вследствие чего возникает термо-ЭДС. К пластине прикреплена батарея из термопар медь – константан, подсоединенная к гальванометру. Величина отклонения стрелки гальванометра соответствует интенсивности падающих на пластинку (приемник) тепловых лучей. Источником лучистой энергии в данной работе служит нагревательное устройство, состоящее из спирали накаливания и отражателя.

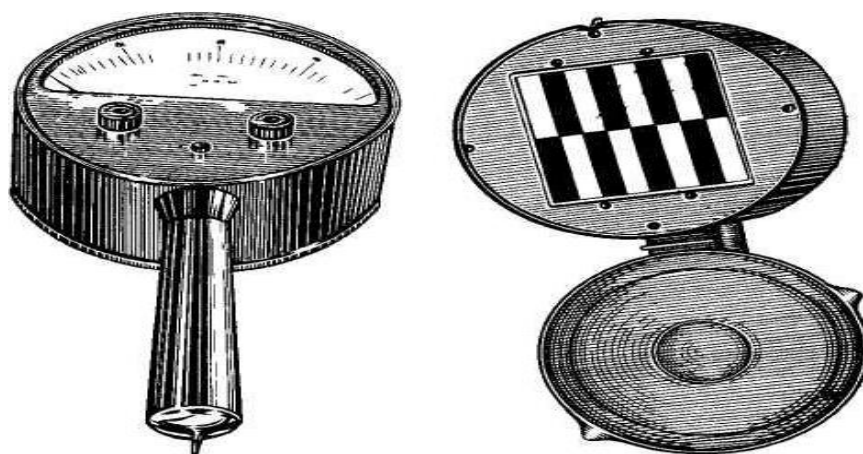


Рисунок 2.1. – Инспекторский актинометр ЛИОТ-Н:

Измерения производятся с открытой крышкой при направлении термоприемника в сторону излучающего тела. Крышка при измерениях является экраном, защищающим руку наблюдателя от нагрева.

После окончания измерения теплоприемник следует закрывать крышкой. Время одного измерения равно 2-3 с, так как при длительном облучении прибор может выйти из строя.

Экспериментальная лабораторная установка (рисунок 2.2) для определения тепловых излучений состоит из электрической печи со встроенной термопарой, подключенной к гальванометру, актинометра и линейки с делениями через 10 см.

2. Определение плотности теплового потока измерителем плотности ИПП-2. Конструктивно прибор выполняется в пластмассовом корпусе. На передней панели прибора располагаются четырехразрядный светодиодный индикатор, кнопки управления; на боковой поверхности располагаются разъёмы для подключения прибора к компьютеру и сетевого адаптера. На верхней панели расположен

разъем для подключения первичного преобразователя. Внешний вид прибора приведен на рисунке 2.3.

Принцип действия прибора основан на измерении перепада температур на «вспомогательной стенке». Величина температурного перепада пропорциональна плотности теплового потока. Измерение температурного перепада осуществляется с помощью ленточной термопары, расположенной внутри пластинки зонда, выступающей в роли «вспомогательной стенки».



Рисунок 2.2. – Схема лабораторной установки



Рисунок 2.3. – Внешний вид измерителя плотности теплового потока ИПП-2

Индикация измерений и режимов работы прибора. Прибор осуществляет опрос измерительного зонда, выполняет расчет плотности теплового потока и отображает её значение на светодиодном индикаторе. Интервал опроса зонда составляет около одной секунды.

Подготовка прибора к использованию. Соединить измерительный блок и измерительный зонд соединительным кабелем.


Включить прибор коротким нажатием кнопки «Выбор». При включении прибора осуществляется его самотестирование в течение 5 с. При наличии внутренних неисправностей прибор на индикаторе отображает номер неисправности и подает звуковой сигнал. После успешного тестирования и завершения загрузки на индикаторе отображается текущее значение плотности теплового потока.


После использования выключить прибор коротким нажатием кнопки «Выбор».

При эксплуатации прибора его функционирование осуществляется в одном из режимов: «РАБОТА» или «НАСТРОЙКА». После включения и самодиагностики прибор переходит в режим «РАБОТА».

Режим «РАБОТА». Этот режим является основным эксплуатационным режимом. Переход в данный режим при выключенном приборе осуществляется кратковременным нажатием на кнопку «Выбор».

В данном режиме производится циклическое измерение выбранного параметра.

Кратковременным нажатием кнопки  осуществляется переход между режимами измерения плотности теплового потока и температуры, а также индикации заряда аккумуляторов в процентах 0 % – 100 %. При этом при переходе между режимами на индикаторе отображается соответствующая надпись выбранного режима.

Нажатием кнопки  в течение двух секунд осуществляется переход прибора в режим «SLEEP» (режим сна), в этом режиме прибор гасит светодиодную индикацию, но продолжает измерения текущего параметра и запись статистики. Выход из данного режима производится нажатием любой кнопки.

В выключенном состоянии прибор прекращает измерения и запись автоматической статистики, при этом все настройки работы прибора и часов реального времени сохраняются.

Светодиод состояния аккумулятора мигает, когда батарея разряжена на 90 %, горит постоянно при заряде батарей и погашен при заряженной батарее. Светодиод нарушения порогов мигает при нарушениях порогов. При нахождении прибора в режиме «SLEEP» мигает точка в четвертом разряде индикатора.

Порядок выполнения работы и оформление отчета

1. Определение интенсивности теплового излучения:

– включить в сеть нагревательное устройство. Перед нагревателем установить линейку, размеченную через 10 см. Подготовить актинометр к работе, для чего откинуть крышку на задней стенке актинометра, закрывающую термобатарейку;

- расположить актинометр на нужном расстоянии от источника и, направив термобатарейку на источник облучения, произвести отсчет показаний прибора. Такие замеры сделать через каждые 10 см, замер следует начинать от наиболее удаленной точки (1 м). Длительность одного замера (термобатарейка с откинутой крышкой направлена на источник) не должна превышать 2-3 секунды;
- результаты замера актинометром занести в таблицу 2.2;
- перевести единицы измерения – кал/(см²·мин) в Дж/(с·м²), (1 кал = 4,2 Дж);
- определить воздействие и переносимость при непрерывном облучении;
- построить график зависимости $Q = f(l)$;
- определить на графике зависимости $Q = f(l)$ область опасного воздействия теплового излучения на организм человека;
- сделать выводы.

Таблица 2.2. – Результаты исследования интенсивности теплового излучения

Расстояние, м	Интенсивность теплового излучения		Воздействие на организм человека	Переносимость при непрерывном облучении
	кал/(см ² ·мин)	Дж/(с·м ²)		
1,0				
0,1				

2. *Оценка эффективности теплозащитных экранов.* Для оценки эффективности теплозащитных экранов используются:

- теплоотражающий экран из поликарбоната;
- теплопоглощающий экран из ламинированного ДВП;
- теплоотражающие экраны из металлических сеток (цепей).

Измерение интенсивности тепловых потоков производится измерителем плотности теплового потока ИПП-2.

Последовательность выполнения работы

1. Произвести измерение интенсивности теплового излучения без теплозащитных экранов на различном расстоянии от источника излучения.
2. Произвести измерения интенсивности теплового излучения на тех же расстояниях с использованием теплозащитных экранов.
3. Рассчитать эффективность используемых теплозащитных экранов.
4. Полученные данные занести в таблицу 2.3.
5. Сделать вывод о наиболее эффективном теплозащитном экране.

Таблица 2.3. – Результаты оценки эффективности теплозащитных экранов

Вид защитного экрана	Интенсивность тепловых излучений, Вт/м ² , при расстоянии / до источника, м				Величина γ , %
	1,0	0,9	0,8	среднее	
1. При отсутствии экрана					
2. С экраном из поликарбоната					
3. С экраном из ламинированного ДВП					
4. С рядом экранов из металлической сетки и металлических цепей					

Теплоотводящие экраны выполняются в виде стальных плит, в полостях которых циркулирует вода или водо-воздушная смесь, обеспечивая температуру на наружной поверхности экрана не выше 35 °С.

Эффективность теплозащитного экрана определяется по формуле

$$\gamma = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100,$$

где q_0 – интенсивность теплового излучения источника, Вт/м²;

q_1 – интенсивность теплового излучения за экраном, Вт/м².

Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. По окончании работы обесточить приборы.

Лабораторная работа № 3 Исследование запыленности воздуха

Цель работы: ознакомление с методикой определения содержания пыли в воздухе и приобретение практических навыков по определению концентрации пыли массовым методом.

Экспериментальная часть

Пылевая камера (далее камера) изготовлена из профильного алюминия и имеет прозрачные стенки (рисунок 3.1). Для доступа внутрь на передней стенке камеры имеется проем, закрываемый сдвижной панелью 3. Камера имеет размеры 750 × 400 × 400 мм и внутренний объем 0,1357 м³.

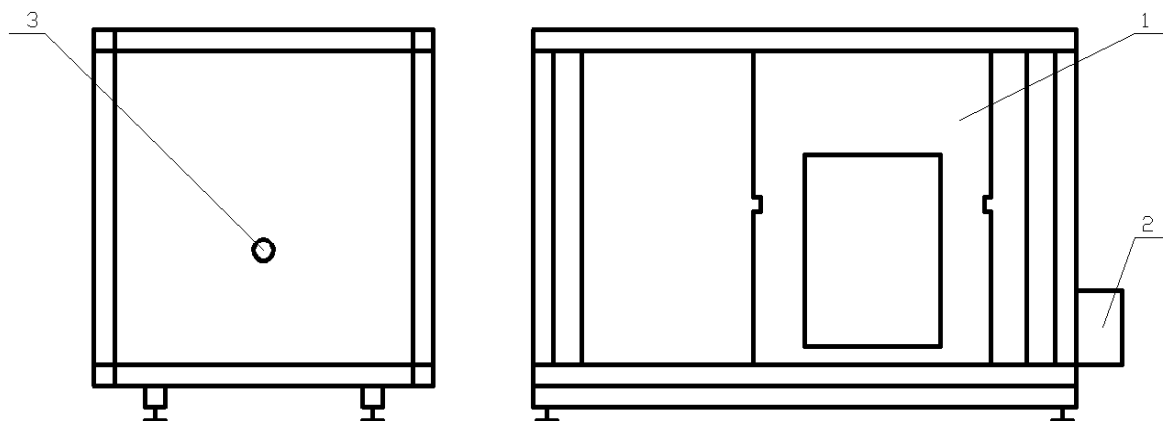


Рисунок 3.1. – Пылевая камера

В торце камеры установлен сетевой ввод 2 для питания блока вентиляторов. Блок вентиляторов размещается внутри камеры и служит для перемешивания частиц пыли с воздухом. Блок вентиляторов представляет собой один или два вентилятора, смонтированных на специальном держателе. Внешний вид держателя и способы установки приведены на рисунке 3.2.

Отбор проб воздуха осуществляется малорасходным аспиратором типа «Бриз». Аналитические фильтры размещаются в держателе открытого типа внутри камеры.

Трубка аспиратора пропускается через заборное отверстие 3 в торце камеры.

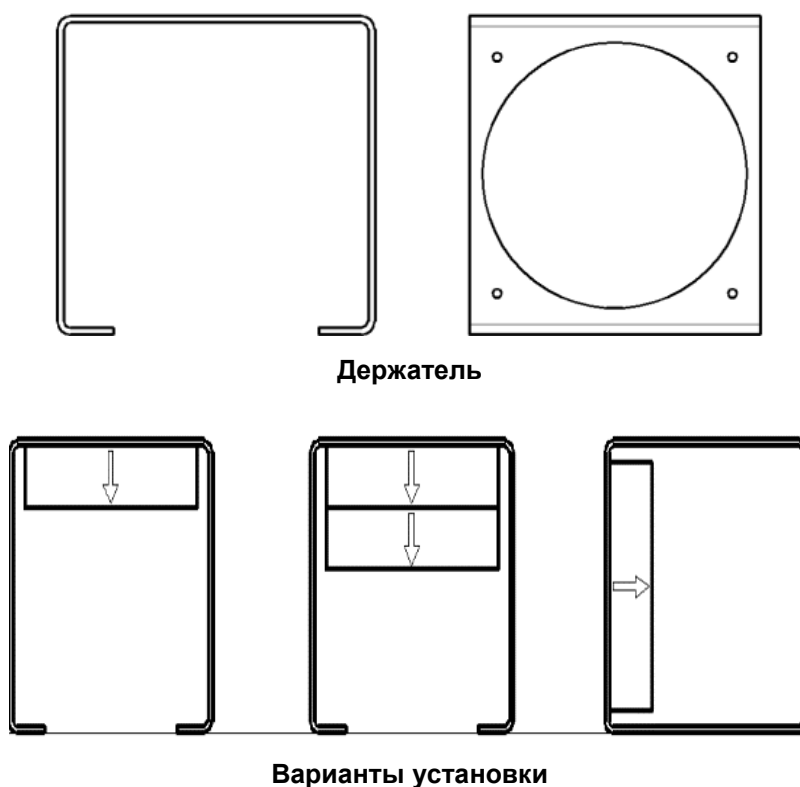


Рисунок 3.2. – Вентилятор

Контрольное взвешивание аналитических фильтров производится на электронных весах: например, весах настольных лабораторных тензометрических для статического взвешивания типа МЛ 0,15-6 В1ЖА (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3. – Весы МЛ 0,15-6 В1ЖА

Аспиратор «Бриз-1» с возможностью непрерывной работы до 10 ч предназначен для отбора среднесуточных проб и измерения объема воздуха рабочей зоны (рисунок 3.4).

Аспиратор относится к универсальным, электрическим, одноканальным, малорасходным, переносным аспираторам обыкновенного исполнения.

Режим работы – непрерывный и циклический. Конструкция обеспечивает герметичность газовых магистралей аспиратора.

Скорость протягиваемого воздуха для данного аспиратора – 1,44 л/мин.



Рисунок 3.4. – Аспиратор «Бриз-1» в сборе

Аэрозольные фильтры АФА – это стандартные фильтры, которые широко применяются для высокоэффективного улавливания аэрозоля различного химического и дисперсного состава (рисунок 3.5).

Для замеров на данной установке с использованием аспиратора «Бриз» применяются фильтры типа АФА-ВП-10 (см. рисунок 3.5). В комплект фильтра 1 входят фильтрующий элемент 2 в виде диска и защитное кольцо из бумаги 3.

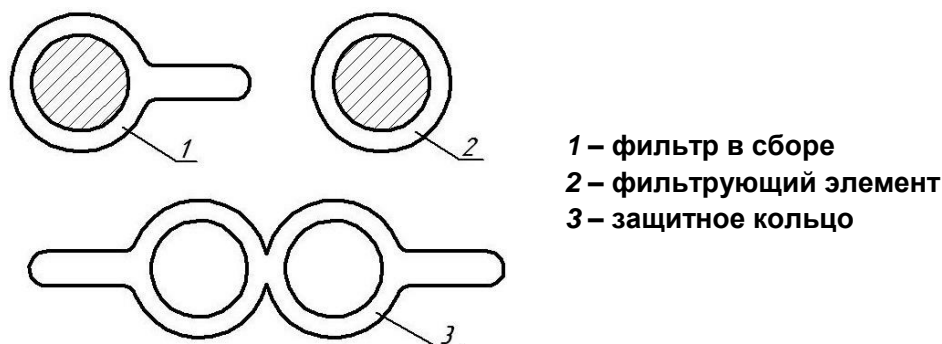


Рисунок 3.5. – Фильтр АФА-ВП-10

Для фиксации аэрозольных фильтров во время отбора пробы выпускаются стандартные фильтродержатели, рассчитанные под типоразмеры фильтров АФА (рисунок 3.6).



Открытый тип



Закрытый тип

Рисунок 3.6. – Фильтродержатели ИРА

Фильтродержатели (аллонжи, аэрозольные патроны) типа ИРА-10 и ИРА-20 (рабочая площадь фильтра соответственно 10 и 20 см²) используются в качестве носителей для фильтров типа АФА при их использовании с электрическими аспираторами и изготавливаются из ударопрочного полистирола.

Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Установить на столе весы. Произвести подготовку к работе согласно руководству (паспорту). Включить весы.
2. Подготовить для работы аспиратор и принадлежности (трубки, фильтрующие элементы и прочее).
3. Взвесить фильтр на весах.
4. Зажать фильтрующий элемент в патроне.
5. Разместить фильтродержатель в камере.
6. Соединить трубкой аспиратор и фильтродержатель.
7. Включить вентилятор, дождаться разноса порции пыли по объему камеры.

8. Включить aspirator и засечь время. Данные занести в таблицу 3.2.
9. После завершения отбора пробы отключить aspirator. Достать филь-
тродержатель из камеры, извлечь диск фильтрующего элемента.
10. Взвесить фильтрующий элемент. Данные занести в таблицу 3.2.
11. При возникновении больших наслоений пыли на дне (полу) камеры про-
извести очистку.
12. Протереть стенки камеры изнутри.
13. Обработать полученные данные:
 - зная объемную скорость v и длительность опыта, определить объем про-
тянутого воздуха и привести его к нормальным условиям, исходя из формулы

$$V_n = \frac{V \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (3.1)$$

- где V_n – объем протянутого воздуха;
 $V = v \cdot T$;
 v – объемная скорость воздуха (по aspiratorу), л/мин;
 T – время протягивания запыленного воздуха через фильтр, мин;
 B – барометрическое давление, мм рт. ст.;
 t – температура воздуха в месте отбора пробы пыли, °С;
 760 – нормальное барометрическое давление, мм рт. ст.
 – произвести расчет массовой концентрации пыли в пылевой камере
 по формуле

$$C = ((m_2 - m_1) / V_n) \cdot 1000, \quad (3.2)$$

- где C – массовая концентрация пыли, мг/м;
 m_2 – масса фильтра после отбора пробы, мг;
 m_1 – масса фильтра до отбора пробы пыли, мг.

Таблица 3.2. – Определение концентрации пыли

Показатель		Значение
Температура воздуха в помещении, °С		
Барометрическое давление, мм рт. ст.		
Масса фильтра	до отбора пробы, мг	
	после отбора пробы, мг	
Масса пыли, мг		
Скорость протягиваемого воздуха, л/мин		
Длительность опыта T , мин		
Объем воздуха, прошедшего через фильтр, л	V	
	V_n	
Концентрация пыли в воздухе C , мг/м ³		
ПДК, мг/м ³		
Класс опасности		

Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. По окончании работы обесточить приборы.

Лабораторная работа № 4 Исследование производственного шума

Цель работы: ознакомление с методикой определения шума, приобретение практических навыков по измерению шума, определению шумопоглощающей способности материалов.

Экспериментальная часть

Устройство и принцип работы измерителя параметров шума портативного виброметра ОКТАВА-110А. Шумомер-анализатор спектра, виброметр портативный ОКТАВА-110А предназначен для измерения среднеквадратичных, эквивалентных и пиковых уровней звука, скорректированных уровней виброускорения, а также октавных и третьоктавных уровней звукового давления и виброускорения с целью оценки влияния звука, инфра- и ультразвука и вибрации на человека на производстве и в жилых и общественных зданиях, определения акустических характеристик механизмов и машин (рисунок 4.1).

Порядок подготовки шумомера к работе:

- 1) чтобы подготовить прибор для измерений звука, необходимо:
 - а) накрутить микрофонный капсюль на предусилитель КММ400;
 - б) вставить предусилитель КММ400 во входной разъем прибора ОКТАВА-110А (5-штырьковый разъем на конической части);

Все операции по подключению/отсоединению микрофона и предусилителя должны приводиться при выключенном приборе.



Рисунок 4.1. – Портативный шумомер ОКТАВА-110А

2) включение прибора осуществляется удержанием клавиши ВКЛ/ВЫКЛ в течение 1 с;

3) нажав клавишу «МЕНЮ», переходим в окно «ВЫБОР ПРИБОРА». В этом окне можно выбрать режимы измерений, например:

- а) Звук;
- б) Инфразвук;
- в) Общая вибрация;
- г) Локальная вибрация;

4) для представления данных в табличном формате, установите в этой строчке значение «Таблица»;

5) для выхода из меню «НАСТРОЙКА» нажмите клавишу «МЕНЮ»;

6) запуск измерения производится клавишей СТАРТ/СТОП. Об измерениях пользователь судит по изменению длительности измерений в нижней строке;

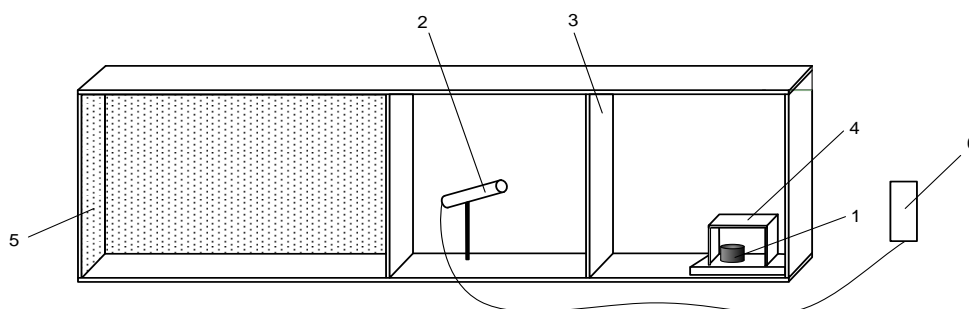
7) повторное нажатие клавиши СТАРТ/СТОП останавливает процесс измерений без сброса данных и длительности измерения. Клавиша СБРОС производит общее обнуление данных, она может быть нажата как в состоянии СТАРТ, так и в состоянии СТОП;

8) в случае перегрузки (OV – в верхней строчке) нажмите СБРОС.

9) после завершения работы выключите виброметр, нажав клавишу ВЫКЛ.

Схема лабораторной установки. Акустическая камера (рисунок 4.2) представляет собой деревянный ящик, состоящий из двух отсеков, один из 2 отсеков облицован пенопластом. Верхние стенки обоих отсеков выполнены откидными.

В отсеке без звукопоглощающей облицовки предусмотрена возможность установки между источником шума и микрофоном звукопоглощающих перегородок.



- 1 – источник шума; 2 – микрофон; 3 – звукопоглощающая перегородка;
4 – звукопоглощающий кожух; 5 – камера со звукопоглощающей облицовкой;
6 – шумомер

Рисунок 4.2. – Схема лабораторной установки

Порядок выполнения и оформления отчета

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Ознакомиться с устройством и правилами эксплуатации прибора.

3. Открыть крышку отсека 1 (без звукоизолирующей облицовки), установить источник шума и микрофоны, после чего закрыть крышку.
 4. Включить источник шума, подключить микрофон к шумомеру.
 5. Измерить уровень шума в камере 1 без кожуха и без шумопоглощающих перегородок (L).
 6. Закрыть источник шума звукоизолирующим кожухом и произвести замеры шума ($L_{\text{кож}}$).
 7. Установить звукопоглощающий экран между источником шума и микрофоном (соблюдая расстояние между источником и микрофоном) из древесно-стружечной плиты, пенопласта, картона и произвести измерение шума каждого вида звукопоглощающего экрана ($L_{\text{дер}}$, $L_{\text{пен}}$, $L_{\text{кар}}$).
 8. Открыть крышку отсека 2 (со звукопоглощающей облицовкой), установить в нем источник шума и микрофон, соблюдая расстояние.
 9. Измерить уровень шума в камере 2 без кожуха ($L_{\text{з обл}}$).
 10. Закрыть источник шума звукоизолирующим кожухом и произвести замеры шума ($L_{\text{з кож}}$).
 11. Результаты замеров записать в таблицу 4.3.
 12. По таблице 4.1. определить категорию норм предельно допустимых уровней шума.
 13. Для выбранной категории ПДУ по таблице 4.2 определить уровень звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами.
 14. Сравнить уровни звукового давления и сделать выводы о шумопоглощающей способности и эффективности звукопоглощающих материалов кожуха и перегородок.
- Предельно допустимый уровень шума устанавливается от видов трудовой деятельности. В зависимости от видов трудовой деятельности существует 5 категорий норм шума. Категории норм предельно-допустимых уровней устанавливаются в зависимости от видов трудовой деятельности и в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 и ГОСТом 12.1.003-83 (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1. – Категории норм предельно допустимых уровней шума

Категория норм шума	Основные виды трудовой деятельности	Типичные рабочие места
1	2	3
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность	В помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории	В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лаборатории

Окончание таблицы 4.1

1	2	3
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа	В помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации и вычислительных машинах
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами	За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием для размещения шумных агрегатов вычислительных машин
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных выше и аналогичных им)	В производственных помещениях и на территории предприятия

Таблица 4.2. – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для различных категорий норм шума

Категория норм шума	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 4.3. – Характеристики шума

Измеренные характеристики шума	Уровни звукового давления, дБ								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Отсек 1 (без звукопоглощающей облицовки):</i>									
а) без средств снижения шума, L									
б) со звукопоглощающим кожухом, $L_{\text{кож}}$									
в) со звукопоглощающими перегородками:									
– $L_{\text{дер}}$									
– $L_{\text{пен}}$									
– $L_{\text{кар}}$									

Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отсек 2 (со звукопоглощающей облицовкой):								
а) без средств снижения шума, – $L_{з\text{ обл}}$								
б) со звукопоглощающим кожухом, – $L_{з\text{ кож}}$								
Предельно допустимые уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								

Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. По окончании работы обесточить приборы.

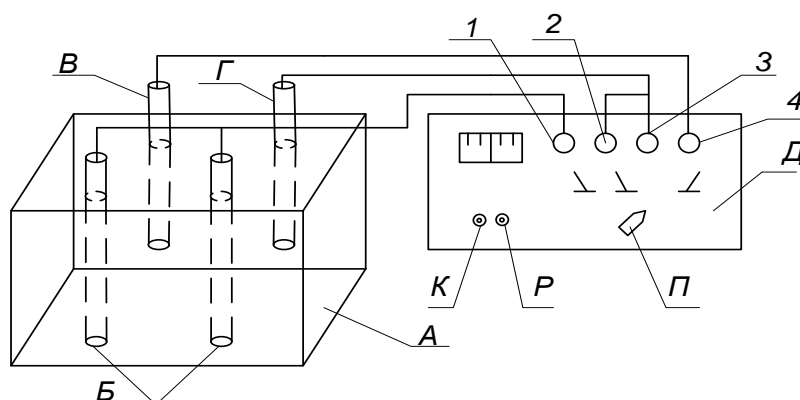
Лабораторная работа № 5

Исследование сопротивления заземляющего устройства

Цель работы: приобретение навыков инструментального замера величины электрического сопротивления заземляющего устройства; исследование зависимости сопротивления заземляющего устройства от глубины заложения, диаметра и расстояния между заземлителями.

Экспериментальная часть

Исследование сопротивления заземляющего устройства производится на установке, показанной на рисунке 5.1.



А – бак с водой; **Б** – заземлители; **В, Г** – электроды;
Д – измерительный прибор

Рисунок 5.1. – Схема лабораторной установки

Установка состоит из бака *A* с проводящей средой, имитирующей землю, заземлителей *B*, потенциального *B* и вспомогательного *Г* электродов и измерительного прибора *Д* типа М-416. В качестве проводящей среды используется вода.

Заземлители изготовлены из нержавеющей стали диаметром 3, 4 и 5 мм и длиной 300 мм. Конструкция крепления электродов на баке предусматривает перемещение и фиксацию их как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях с шагом 50 мм. Этим достигается изменение глубины погружения заземлителей (*S*) и расстояния между ними (*a*). Для отсчета первоначальной глубины погружения на боковой стенке бака имеется миллиметровая линейка.

Прибор М-416 (измеритель сопротивления заземления, рисунок 5.2) предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений, а также может быть использован для определения удельного сопротивления грунта. Предел измерения – от 0,1 до 1000 Ом. Питание прибора – гальванические сухие батареи 4,5 В (3 элемента типа «Марс-373»). Схема подключения зажимов прибора к заземлителям показана на его крышке.



Рисунок 5.2. – Прибор М-416

Порядок подготовки прибора М-416 к работе:

- 1) перед началом измерений убедиться в исправности прибора. С этой целью необходимо установить прибор на ровной поверхности и открыть крышку;
- 2) переключатель «П» (см. рисунок 5.2) установить положение «контроль 5 Ом», нажать кнопку К и вращением ручки Р «реохорд» добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показано $5 \pm 0,4$ Ом;
- 3) собрать схему (см. рисунок 5.1);
- 4) к зажимам 1 и 2 прибора подключать измеряемое сопротивление, к зажимам 3 и 4 – вспомогательные электроды;
- 5) определить величину сопротивления заземляющего устройства. Для этого переключатель «П» установить в положение 1. Нажать кнопку «К» и, вращая ручку «Р» реохорда, добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю. Результат измерения равен показателю шкалы реохорда. Если при этом измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом (стрелка индикатора не приближается к нулю), то переключатель установить в положение (5, 20, 100) и сделать вновь замер сопротивления. Результат измерения равен произведению показателя шкалы реохорда на соответствующий множитель (5; 20; 100).

Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Исследовать зависимость сопротивления заземляющего устройства R от глубины погружения заземлителя S (3 замера).
2. Исследовать зависимость сопротивления заземляющего устройства R от диаметра заземлителя d (3 замера).
3. Исследовать зависимость сопротивления заземляющего устройства R от расстояния между двумя заземлителями a , расположенными в ряд (3 замера).
4. Полученные данные занести в таблицу.

Таблица. – Результаты замера параметров заземляющего устройства

№ замера	Глубина погружения заземлителя S , м	Диаметр заземлителя d , м	Расстояние между заземлителями a , м	Сопротивление заземляющего устройства R , Ом
1				
...				

5. На основании полученных данных построить и проанализировать графики зависимостей $R = f(S)$; $R = f(d)$; $R = f(a)$.
6. Сделать выводы.

Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. По окончании работы обесточить приборы.

Лабораторная работа № 6

Исследование сопротивления изоляции электрических сетей

Цель работы: ознакомление с требованиями, предъявляемыми к электроизоляции; ознакомление с методами измерения сопротивления изоляции электропроводок; исследование пригодности изоляции для различных напряжений сети.

Экспериментальная часть

1. Измеритель электрической сопротивлению изоляции Е6-26

Устройство и принцип работы. Измеритель электрического сопротивления изоляции Е6-26 (рисунок 6.1) предназначен для измерения электрического сопротивления изоляции объектов, не находящихся под напряжением, постоянного напряжения, среднеквадратического значения переменного напряжения, электрического сопротивления замкнутых цепей.

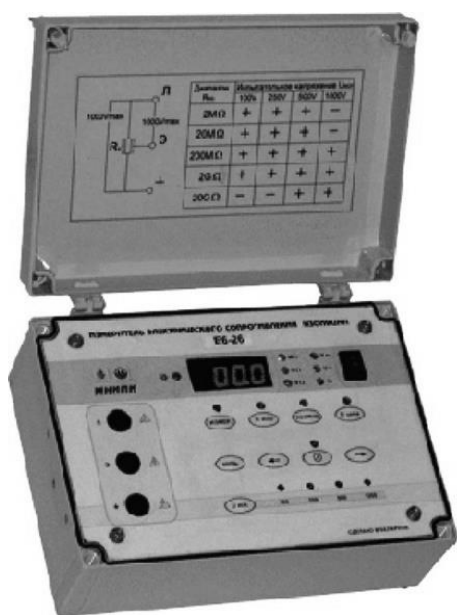


Рисунок 6.1. – Измеритель электрического сопротивления изоляции Е6-26

Измеритель Е6-26 может питаться как от сети переменного тока напряжением (230 ± 23) В частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц, так и от встроенной аккумуляторной батареи напряжением от 5,5 до 7 В.

Измеритель обеспечивает измерение сопротивления электрической изоляции объектов, не находящихся под напряжением, на диапазонах 2, 20, 200, 2000 МОм, 200 ГОм.

Результаты измерений отражаются на цифровом табло.

Номинальное испытательное напряжение на разомкнутых зажимах «+» и «Л»; «+» и «Э» измерителя устанавливается командой с передней панели и имеет значение в соответствии с таблицей 6.1.

Таблица 6.1. – Номинальное испытательное напряжения на разомкнутых зажимах

Напряжение, В	Диапазон измерения, U_k
100	2, 20, 200, 2000 МОм
250	2, 20, 200, 2000 МОм
500	2, 20, 200, 2000 МОм, 20 ГОм
1000	20, 200, 2000 МОм, 20 ГОм
U_k – конечное значение установленного диапазона, В	

Измеритель обеспечивает в режиме измерения сопротивления изоляции запоминание значений сопротивления через 15 и 60 секунд с момента подачи испытательного напряжения.

Измеритель обеспечивает измерение постоянного напряжения положительной и отрицательной полярности на диапазонах измерения с конечными значениями 100 и 1000 В.

Измеритель обеспечивает измерение среднеквадратического значения переменного напряжения синусоидальной формы на диапазонах измерений с конечными значениями 100 и 700 В в диапазоне частот от 40 до 500 Гц.

Измеритель обеспечивает измерение сопротивления постоянному току электрических цепей, не находящихся под напряжением, на диапазонах с конечными значениями R_k 2, 20, 200 Ом, 2, 20, 200 кОм. Максимальное напряжение, создаваемое измерителями на измеряемом сопротивлении в режиме измерения сопротивления электрических цепей, не более 5,5 В.

Мощность, потребляемая измерителем от сети питания при номинальном напряжении, не превышает 25 В. Измеритель обеспечивает заряд встроенных аккумуляторов и автоматическое отключение по его окончании, время работы измерителя от вновь заряженной батареи не менее 2 ч.

Измеритель представляет собой многофункциональный прибор, измерительный тракт которого включает в себя ряд функциональных преобразователей, обеспечивающих измерение соответствующих входных сигналов.

В режиме измерения сопротивления изоляции на измерительный объект подается постоянное испытательное напряжение (100, 250, 500 или 1000 В).

Ток, протекающий через измеряемый объект (его величина пропорциональна сопротивлению объекта), преобразуется с помощью интегратора и компараторов во временной интервал, который преобразуется в цифровой код в микропроцессорном контроллере МПК.

В режиме измерения напряжения входной сигнал масштабируется с помощью входного усилителя и преобразуется в цифровой код с помощью однокристалльного аналогового цифрового преобразователя АЦП.

В режиме измерения сопротивления цепи через измеряемую цепь пропускается образцовый ток, величина которого устанавливается в зависимости от выбранного диапазона. Величина сопротивления определяется по падению напряжения на измеряемом сопротивлении.

Измеряемый объект подключается к клеммам «+» и «Л». При этом в режиме измерений сопротивления изоляции на клемму «+» подается испытательное напряжение. В остальных режимах эта клемма с помощью высоковольтного реле К1 соединяется с низкопотенциальным (общим) проводником измерительной схемы. Клемма «Л» является высокоомной (вход измерительной схемы).

Клемма «Э» используется для подключения охранного заземления (кольца) при проведении измерений, что обеспечивает устранение паразитного тока утечки через изоляторы.

Подключение необходимых для выбранного режима работы узлов прибора к входным клеммам выполняется с помощью входного коммутатора.

Управление всеми функциональными узлами измерителя, приём и обработка кодированных результатов измерения, приём и обработка команд оператора с клавишного пульта, вывод результатов измерения на индикаторное табло выполняется с помощью МПК. При этом фиксация статистических команд выполняется регистром управления, работающим под управлением МПК.

ВНИМАНИЕ!

Не приступать к измерениям сопротивления изоляции не убедившись в отсутствии напряжения на проверяемом объекте!

В режиме измерения сопротивления изоляции после отпускания кнопки ИЗМЕР напряжение на клемме «+» относительно «Л» и «Э» снижается до безопасной величины за время от 10 до 15 с.

Измеритель является прибором повышенной опасности! Следует учитывать особенности высоковольтных и высокоомных измерений для получения достоверных показаний и предотвращения поражения электрическим током высокого напряжения, а также выполнять следующие рекомендации:

- все коммуникации в измерительных цепях проводить при снятом испытательном напряжении;
- при работе с измерителем необходимо обращать особое внимание на состояние изоляторов измерительных клемм, загрязнение которых может привести к резкому снижению сопротивления изоляции и возникновению коронного разряда;
- для подключения измерителя к измеряемому объекту необходимо использовать специальные высоковольтные измерительные кабели и зажимы типа «крокодил», входящие в комплект измерителя. Допускается непосредственное подключение объекта измерения к клеммам измерителя;
- питание измерителя Е6-26 может осуществляться как от сети 230 В, так и от встроенных аккумуляторов.

На передней панели измерителя расположены:


- зажимы «Л», «Э» и «+» для подключения объекта измерения;
- индикаторное табло, состоящее из четырех семисегментных индикаторов, обеспечивающих отображение результата измерения в виде четырех десятичных разрядов, шести светодиодов «MΩ», «GΩ», «kΩ», «Ω», «V~», «V=», отображающих род и размерности измеряемых сигналов, и светодиода «| |», отображающего режим работы измерителя от встроенных аккумуляторов;
- четыре светодиода «100», «250», «500», «1000», отображающие выбранное испытательное напряжение в режиме измерения сопротивления изоляции;
- клавишная панель, состоящая из девяти кнопок, для управления работой измерителя;
- выключатель питания измерителя.

Обозначение и назначение органов управления приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. – Обозначение и назначение органов управления

Обозначение	Назначение
1	2
ИЗМЕР	Кнопка, при нажатии на которую осуществляется подача испытательного напряжения на измеряемый объект
Rиз, U	Кнопка включения режима измерения сопротивления изоляции и режима измерения постоянных и переменных напряжений
R60/R15	Кнопка включения режима запоминания результатов измерения сопротивления изоляции через 15 и 60 секунд с момента подачи испытательного и вычисления коэффициента абсорбции

Окончание таблицы 6.2

1	2
R цепи	Кнопка включения режима измерения сопротивления цепи
НУЛЬ	Коррекция нуля в режимах измерения сопротивления изоляции и сопротивления цепи
←	Выбор диапазонов измерения (уменьшение)
→	Выбор диапазонов измерения (увеличение)
U исп	Кнопка, используемая для установки испытательных напряжений 100, 250, 500, 1000 В
/O	Выключатель питания измерителя: – положение – включено, – положение O – выключено
	Кнопка включения функции автоматического выбора диапазона измерения

На правой боковой стенке измерителя расположена розетка с маркировкой «230 V 50 Hz», предназначенная для подключения к питающей сети. В измерителе Е6-26 на этой же стенке расположена розетка «СТЫК С2», предназначенная для подключения к последовательному интерфейсу.

Вилку кабеля следует подключить к питающей цепи (при питании от сети), установить выключатель питания в положение «I».

При подключении измерителя автоматически выполняется процедура начальной установки прибора, заключающаяся в следующем: в начале кратковременно (не более 1 с) на табло могут высветиться произвольные символы, затем табло и светодиоды гаснут на 2 с, после этого все элементы табло и светодиоды включаются на 2 с, и, наконец, измеритель включается в исходное состояние – режим измерения напряжения, диапазон 100 В (на табло 000,0 V=). После этого измеритель готов к работе, однако для достижения требуемых метеорологических характеристик необходим самопрогрев измерителя в течение 30 мин в рабочих условиях эксплуатации.


Измерение постоянных и среднеквадратических значений переменных напряжений. Функция измерений напряжения реализуется при включении кнопок «Rиз, U» и выключенной (не нажатой) кнопке «ИЗМЕР», т. е. измеритель находится в режиме измерения сопротивления изоляции, но измерение не включено и на объект не подается испытательное напряжение. В данном режиме измеритель автоматически определяет и отображает на табло род подаваемого на вход напряжения (постоянное или переменное).

При этом правильность определения зависит от соответствия входного сигнала установленным критериям, т. е. напряжение постоянного тока не должно изменять полярность с частотой выше 2 Гц, напряжение переменного тока должно быть синусоидальным с частотой от 40 до 500 Гц.

Входной сигнал подается на клеммы «Л» и «+», при этом клемма «Л» является высокопотенциальной.

При измерении постоянных напряжений знак «+» не индуцирует, знак «-» индуцируется в старшем разряде индикатора.

Измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления электрической изоляции необходимо начинать с минимального для выбранного испытательного напряжения диапазона, последовательно увеличивая диапазон.

Установка необходимого диапазона измерения осуществляется с помощью кнопок «←» и «→». Если включена кнопка «» (автоматический выбор диапазона измерения), то необходимый диапазон будет выбран автоматически в процессе измерения (при нажатой кнопке «ИЗМЕР»).

При нажатии кнопок «←» и «→» конечное значение вновь выбранного диапазона кратковременно выдается на индикатор. То же происходит при нажатии кнопки «Риз, U».

Установка необходимого испытательного напряжения выполняется кнопкой «Uисп». При каждом нажатии кнопки включается очередное значение Uисп по схеме: 100 В; 250 В; 500 В; 1000 В.

Измеряемый объект подключить к зажимам «+» и «Л», причем необходимо помнить, что плюсовой потенциал находится на зажиме «+». При необходимости экранирования, для устранения токов утечки, экран подсоединяют к зажиму «Э». Недопустимо соединение клемм «Э» и «+».

Для проведения измерений необходимо убедиться, что на измеряемом объекте отсутствует напряжение. Показание измерителя, который при включенной кнопке «ИЗМЕР» находится в режиме измерения напряжения, должно быть близким к нулю.

Нажать кнопку «ИЗМЕР», подав тем самым на объект испытательное напряжение. Во время измерения необходимо удерживать кнопку «ИЗМЕР» нажатой. Если на измеряемом объекте присутствует напряжение более 10 В, то включение испытательного напряжения будет заблокировано, а на табло будет выдана информация «Err4».

По окончании измерений отпустить кнопку «ИЗМЕР» и спустя 10–15 с разрядить объект, наложив на него заземление.

Допускается заземлить клемму «Л», а к объекту подключить клемму «–».


В случае если величина измеряемого сопротивления превышает конечное значение диапазона, на индикаторное табло выдается информация «OL» (перегрузка).

При работе на диапазоне 2 МОм необходима периодическая коррекция нуля измерителя. Данная операция должна выполняться по истечении времени установления рабочего режима, через каждый час непрерывной работы, а также при значительном (более чем ± 5 °С) изменении температуры окружающей среды.

Коррекция нуля выполняется следующим образом:

- закоротить с помощью кабеля клеммы «+» и «Л» измерителя;
- нажать кнопку «ИЗМЕР», нажать и отпустить кнопку «НУЛЬ», после чего отпустить кнопку «ИЗМЕР».

Измерение сопротивления цепи. Включение режима выполняется нажатием кнопки «Rцепи». При этом, если цепь к которой подключены входные клеммы измерителя находится под напряжением более 10 В, включение режима «Rцепи» будет заблокировано, а на табло будет выдана информация «Err4».

Выбрать необходимый диапазон измерения с помощью кнопок «←» и «→», либо включить автоматический выбор диапазона кнопкой «».

Откорректировать нуль измерителя, для чего закоротить концы измерительных кабелей и нажать кнопку «НУЛЬ».

Подключить измеряемую цепь к входу и произвести отсчёт показаний.

II. Измеритель электрический сопротивления изоляции мегомметр типа М 1101

Устройство и принцип работы. Для проведения измерений используются мегомметры типа М 1101 (рисунок 6.2) и др. Эти мегомметры являются переносными приборами, применяются при испытании сопротивления изоляции сетей, обмоток машин, трансформаторов и других электроустановок относительно земли и друг друга.



Рисунок 6.2. – Мегомметр типа М 1101

При проведении измерений сопротивления изоляции сети, не находящейся под напряжением, все лампы, электродвигатели, трансформаторы и другие потребители тока должны быть отключены от сети, плавкие предохранители вставлены, выключатели замкнуты, что позволяет проверять не только сопротивление изоляции сети, но и всей установочной арматуры.

Питание мегомметра осуществляется от встроенного генератора постоянного тока, приводимого в действие вращением рукоятки.

Для измерения сопротивления изоляции относительно земли зажим «З» (земля) прибора подсоединяется к заземлителю, зажим «Л» (линия) подсоединяется поочередно к жилам исследуемого кабеля.

Вращая рукоятку генератора «р» со скоростью 2 об/с, снять отсчеты по шкале прибора в килоомах (кОм) или мегаомах (МОм) в соответствии с положением переключателя «П».

Приступая к измерениям сопротивления изоляции проводов в кабеле относительно друг друга, зажимы «З» и «Л» подключить поочередно к жилам испытываемых кабелей и произвести измерения.

Порядок выполнения работы и оформление отчета

Измерение сопротивления изоляции измерителем электрического сопротивления изоляции Е6-26:

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы прибора.
2. Произвести замеры сопротивления изоляции.
3. Результаты замеров величин сопротивлений изоляции проводов записать в таблицу 6.3 (количество и марки кабелей для проверки состояния изоляции задаются преподавателем).
4. Сделать выводы о пригодности изоляции кабелей на данном испытательном напряжении.

Таблица 6.3. – Результаты измерений сопротивления изоляции

№ замера	Марка кабеля и номера проводов	Сопротивление изоляции проводов относительно земли, МОм	Сопротивление изоляции проводов относительно друг друга, МОм	Испытательное напряжение, В	Выводы о состоянии изоляции проводов

Измерение сопротивления изоляции измерителем электрического сопротивления изоляции мегомметра типа М 1101:

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы прибора.
2. Произвести замеры сопротивления изоляции.
3. Результаты замеров величин сопротивлений изоляции проводов записать в таблицу 6.4. (количество и марки кабелей для проверки состояния изоляции задаются преподавателем).

Таблица 6.4. – Результаты измерений сопротивления изоляции

№ замера	Марка кабеля и номера проводов	Сопротивление изоляции проводов относительно земли, кОм	Сопротивление изоляции проводов относительно друг друга, кОм	Допустимое сопротивление, кОм	Выводы о состоянии изоляции проводов

Определить максимально возможную утечку тока для исследуемых кабелей и сравнить с допустимой.

Сделать выводы о пригодности изоляции кабелей на данное рабочее напряжение.

Безопасность при проведении работы

1. Перед началом, а также в конце измерения на время подключения приборов и их отключения от испытуемого объекта последние должны быть одновременно заземлены.

2. Не производить никаких переключений и присоединений под напряжением.

3. Не допускать касаний выводных полюсов мегомметра типа М 1101, а также присоединенных к ним неизолированных участков проводов при вращении ручки генератора прибора.

Лабораторная работа № 7

Определение температуры вспышки горючих жидкостей

Цель работы: изучение методики определения температуры вспышки горючих жидкостей и категории пожарной опасности производства.

Использование в производстве горючих веществ вызывает необходимость принимать меры защиты по предупреждению пожара.

Вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, называются горючими в отличие от веществ, которые на воздухе не горят и называются негорючими.

Для определения степени пожарной опасности горючих веществ большое значение имеют температура вспышки, температура воспламенения и концентрационные пределы воспламенения.

Температурой вспышки называется минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но устойчивого горения не происходит.

Температура воспламенения – наименьшая температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при поднесении источника зажигания возникает устойчивое горение. Воспламенение возможно только при определенных соотношениях горючего вещества и окислителя (обычно кислорода воздуха).

Минимальная концентрация горючих паров и газов в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется *нижним концентрационным пределом воспламенения*.

Максимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой еще возможно распространение пламени, – *верхний концентрационный предел воспламенения*.

По температуре вспышки горючие жидкости делятся на два класса:

- 1) легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ);
- 2) горючие жидкости (ГЖ).

К классу ЛВЖ относятся жидкости с температурой вспышки, не превышающей 61 °С (в открытом тигле – 66 °С). Жидкости, имеющие температуру вспышки выше 61 °С или 66 °С (в открытом тигле), называются ГЖ.

В зависимости от температуры вспышки ЛВЖ подразделяются на 3 разряда:

- 1) *особо опасные ЛВЖ* – с температурой вспышки от – 18 °С и ниже в закрытом тигле или от – 13 °С и ниже в открытом тигле;
- 2) *постоянно опасные ЛВЖ* – жидкости с температурой вспышки от – 18 °С до +23 °С в закрытом тигле или от – 13 °С до +27 °С в открытом тигле;
- 3) *опасные при повышенной температуре* – это горючие жидкости с температурой вспышки от +23 °С до +61 °С в закрытом тигле или от +27 °С до +66 °С в открытом тигле.

Предварительную температуру вспышки можно рассчитать по эмпирической формуле Орманди и Грэвена

$$T_{\text{в}} = T_{\text{к}} \cdot K, \quad (7.1)$$

где $T_{\text{в}}$ – температура вспышки, К;

$T_{\text{к}}$ – температура кипения, К;

$K = 0,736$ – коэффициент.

Учитывая, что $T_{\text{к}} = t_{\text{к}} + 273$, где $t_{\text{к}}$ – температура кипения, °С, получим

$$T_{\text{в}} = 0,736(t_{\text{к}} + 273). \quad (7.2)$$

Истинная температура вспышки $t_{\text{в}}$ с учетом барометрического давления в момент испытания равна

$$t_{\text{в}} = (T_{\text{в}} - 273) + \Delta t, \quad (7.3)$$

где Δt – поправка на барометрическое давление:

$$\Delta t = 0,345 \cdot (P - 760), \quad (7.4)$$

где P – барометрическое давление в момент испытания, мм рт. ст.

Чем ниже температура вспышки, тем большую пожарную опасность представляет жидкость.

В соответствии с Нормами пожарной безопасности Республики Беларусь и ТКП 474-2013 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» производственные помещения делятся на следующие категории: А (взрывопожароопасная); Б (взрывопожароопасная); В1-В4 (пожароопасные) Г1; Г2; Д (таблица 7.1) [33].

Таблица 7.1. – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается расчетное избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, при котором расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- и паровоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается расчетное избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа
В1 – В4 (пожароопасные)	ЛВЖ, ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются не относятся к категориям А или Б
Г1	ГГ, ЛВЖ, ГЖ, твердые горючие вещества и материалы, используемые в качестве топлива
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Порядок выполнения и оформления отчета

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Рассчитать температуру вспышки горючей жидкости, пользуясь приведенными формулами и принимая температуру кипения:
 - для машинного масла $t_k = 340\text{ °C}$;
 - для дизельного топлива $t_k = 250\text{ °C}$;
 - для керосина $t_k = 140\text{ °C}$.
3. Величину барометрического давления для проведения расчета снять с показания барометра, находящегося в лаборатории.
4. Результаты записать в таблицу 7.2.

Таблица 7.2. – Результаты расчета

Наименование горючей жидкости	Машинное масло	Дизельное топливо	Керосин
1	2	3	4
Барометрическое давление P , мм рт. ст.			
Поправка на барометрическое давление Δt			

Окончание таблицы 7.2

1	2	3	4
Расчетное значение температуры вспышки $T_{всп}$, К			
Температура вспышки $t_{всп}$, °С			
Категория пожарной опасности производства			

Определить категорию производственного помещения по ТКП 474-2013 (см. таблицу 7.1).

Сделать вывод о пожарной опасности производства.

Лабораторная работа № 8

Исследование интенсивности ультрафиолетового излучения

Цель работы: ознакомление с устройством и принципом действия радиометра «ТКА-ПКМ», приобретение навыков замера ультрафиолетового излучения и оценка эффективности экранирующих материалов.

Нормирование параметров

Допустимая интенсивность УФ-излучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² и периода облучения до 5 мин, длительность пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать для диапазонов:

- УФ-А – 50 Вт/м²;
- УФ-В – 0,05 Вт/м²;
- УФ-С – 0,001 Вт/м².

Допустимая интенсивность УФ облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² (лицо, шея, кисти рук и др.) общей продолжительностью воздействия излучения (50 % рабочей смены) и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

- для УФ-А – 10 Вт/м²;
- для УФ-В – 0,01 Вт/м²;
- для УФ-С. Воздействие в этом случае не допускается.

Эффективность защитного экрана определяется по формуле

$$\gamma = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100,$$

где q_0 – интенсивность излучения источника, Вт/м²;

q_1 – интенсивность излучения за экраном, Вт/м².

Экспериментальная часть

Измерение ультрафиолетового теплового излучения с помощью УФ-радиометра типа «ТКА-ПКМ»

Устройство и принцип действия. Ультрафиолетовый радиометр (рисунок 8.1) предназначен для измерения ультрафиолетового излучения в диапазоне 200–400 нм. Диапазон измерения 10–40 000 мВт/м².



Рисунок 8.1. – Ультрафиолетовый радиометр типа «ТКА-ПКМ»

Измерение проводится в трех спектральных диапазонах:

- УФ-А (315–400 нм) – УФ-излучение за исключением газоразрядных ртутных ламп без люминофоров;
- УФ-В (280–315 нм) – УФ-излучение за исключением газоразрядных ртутных ламп с люминофорами типа «А», а также естественных источников излучения;
- УФ-С (200–280 нм) – газоразрядные ртутные лампы высокого и низкого давления без люминофоров.

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки и блока обработки сигналов, связанных между собой гибким многожильным кабелем.

На лицевой стороне блока обработки сигнала расположен переключатель пределов измерений, переключатели зон (А, В, С) и жидкокристаллический индикатор. Переходы на различные энергетические диапазоны осуществляются вручную, при этом прибор автоматически включается.

В фотометрической головке расположены три фотоприемных устройства различных спектральных диапазонов.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемными устройствами оптического излучения в электрический сигнал с последующей цифровой индикацией числовых значений (мВт/м²).

Порядок работы. Перед началом измерений необходимо убедиться в работоспособности элемента питания. Если во время работы прибора появится символ разряда батареи, необходимо заменить батарею.

Появление на жидкокристаллическом индикаторе символа «1...» указывает на превышение значения измеряемого параметра и о необходимости переключения на последующие пределы измерения.

Проведение замеров ультрафиолетового теплового излучения:

1. Режим зона «А»:

- установить фотометрическую головку параллельно плоскости измеряемого объекта. Проверить, чтобы на окна фотоприемника не падала тень от человека, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов;
- перевести переключатель «А» в верхнее положение, выбрать необходимый предел измерения;
- снять с цифрового индикатора показатели излучения;
- не допускать измерения высоких значений излучения в течение продолжительного времени;
- после окончания измерений выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл».

2. Режим зона «В»:

- выполнить пункт 1 для режима зоны «А»;
- перевести переключатель «В» в верхнее положение, выбрать необходимый предел измерения;
- снять с цифрового индикатора показания;
- после окончания измерений выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл»;

3. Режим зона «С»:

- выполнить пункт 1 для режима зоны «А»;
- перевести переключатель «С» в верхнее положение, выбрать необходимый предел измерения;
- снять с цифрового индикатора показания;
- после окончания измерений выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл».

Порядок выполнения работы и оформление отчета

1. Включить в сеть источник ультрафиолетового излучения.
2. Подготовить радиометр к работе.
3. По указанию преподавателя установить расстояние от источника излучения, замеры следует начинать от наиболее удаленной точки.
4. Включить радиометр и произвести замеры УФ-излучения в указанных точках.
5. Результаты замеров занести в таблицу 8.1 и сравнить с допустимой интенсивностью УФ-облучения работающих.
6. Замерить УФ-излучение с использованием защитных экранов:
 - установить защитные экраны и выполнить замеры УФ-излучения на указанных расстояниях;

- занести результаты в таблицу 8.1;
- рассчитать коэффициенты поглощения УФ-излучения;
- исходя из величин коэффициентного поглощения УФ-излучения сделать выводы о способности экранов к поглощению УФ-излучения.

Таблица 8.1. – Результаты измерений интенсивности УФ-излучения

Вид защитного экрана	Интенсивность излучения			Эффективность экрана
	Диапазон А, Вт/м ²	Диапазон В, Вт/м ²	Диапазон С, Вт/м ²	
Без экрана				
1,0 м				—
0,5 м				—
Экран из поликарбоната				
1,0 м				
0,5 м				
Экран из ламинированного ДВП				
1,0 м				
0,5 м				
Допустимая интенсивность до 5 мин				
Допустимая интенсивность свыше 5 мин				

Безопасность при проведении работы

1. Включать одновременно не более одного переключателя диапазонов.
2. Не допускается погружение прибора в жидкость.
3. В окружающем воздухе не должно содержаться кислотных, щелочных и других агрессивных примесей, вызывающих коррозию.

Раздел 6

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Организация, проведение и оценка результатов учебной деятельности студентов

Организация, проведение и оценка результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» осуществляется в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Для диагностики компетенций студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос;
- экспресс-опрос;
- защита проекта;
- контрольная работа;
- мини-контрольная работа;
- защита отчета по лабораторной работе;
- экзамен.

Итоговая отметка по учебной дисциплине рассчитывается по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = K \cdot \Pi + (1 - K) \cdot O,$$

- где \mathcal{E} – отметка итоговая по дисциплине;
 Π – отметка промежуточного контроля;
 O – отметка за ответ по билету;
 K – весовой коэффициент промежуточного контроля – 0,5.

Результат промежуточного контроля за семестр оценивается отметкой в баллах по десятибалльной шкале и выводится исходя из отметок, выставленных в ходе проведения мероприятий промежуточного контроля в течение семестра.

Отметка промежуточного контроля Π вычисляется как среднее арифметическое значение отметок за тесты, контрольные работы и защиту отчетов по лабораторным работам в течение семестра:

$$\Pi = \sum O_i / n,$$

- где O_i – сумма отметок за каждый отдельный тест, контрольную работу и защиту отчета по лабораторной работе;
 n – общее число отметок.

Контрольные вопросы по усвоению интегральной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека»

1. Понятие об окружающей среде обитания человека, ее составляющие. Динамика взаимодействия человека с окружающей средой.
2. Правовые аспекты обеспечения безопасности жизнедеятельности человека. Чрезвычайные ситуации (ЧС) и другие источники опасностей для человека и прочих биологических объектов. Риск как мера опасности.
3. Классификация ЧС (по характеру, причинам, масштабу). ЧС, характерные для Республики Беларусь.
4. Основные химические соединения, загрязняющие атмосферный воздух и их воздействие на организм человека. Виды атмосферного загрязнения по территориальному признаку.
5. Способы нормирования качества атмосферного воздуха, предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, предельно допустимые выбросы в результате работы промышленных предприятий и автотранспорта.
6. Основные направления и технологические мероприятия по защите воздушного бассейна. Планировочные градостроительные мероприятия с учетом экологических нормативов, обустройство санитарно-защитных зон.
7. Изменение климата Земли. Влияние природных процессов и антропогенной деятельности на глобальное изменение климата на планете.
8. Основные техногенные источники выбросов парниковых газов (диоксид углерода, метан и др.) в атмосферу Земли. Суть «парникового эффекта».
9. Разрушение озонового слоя планеты. Основные причины уменьшения общего количества молекул озона в стратосфере.
10. Источники загрязнения водоемов и их оценка. Загрязнение вод Мирового океана. Оценка состояния и нормирование качества воды.
11. Основные направления охраны водных ресурсов. Современные и уникальные технологии ликвидации последствий образования гигантских нефтяных пятен в Мировом океане.
12. Вещества, применяемые в сельском хозяйстве (пестициды, стимуляторы роста сельскохозяйственных растений и др.), их роль в патологии человека.
13. Биоиндикация как метод определения степени загрязненности геофизических сред.
14. Проблема исчерпаемости и невозобновляемости полезных ископаемых. Причины и последствия топливно-энергетического кризиса в мире.
15. Типы альтернативных источников энергии. Перспективы развития ветроэнергетики в мире и в Республике Беларусь.
16. Перспективы использования различных видов отходов в теплоэнергетике страны. Способы утилизации и эффективность вторичного использования бытовых отходов и отходов сельскохозяйственного производства.
17. Тепловые потери в зданиях и сооружениях. Основные принципы достижения низкого энергопотребления.
18. Бактериологическое загрязнение питьевой воды, способы ее обеззараживания и очищения.

19. Особо опасные инфекции. Потенциальный риск эпидемий после стихийных бедствий, приоритетные меры профилактики.

20. Токсичные химические соединения, образующиеся при приготовлении пищи. Металлы, содержание которых контролируется при международной торговле продуктами питания.

21. Генная инженерия и возможные риски использования генно-модифицированных продуктов.

22. Классификация природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций.

23. Устойчивость функционирования объектов в чрезвычайных ситуациях.

24. Эвакуация населения.

25. Укрытие населения в защитных сооружениях.

26. Применение населением средств индивидуальной и медицинской защиты (индивидуальный перевязочный пакет, индивидуальный противохимический пакет), правила оказания первой помощи при кровотечениях, тепловом воздействии.

27. Понятия об условиях труда. Благоприятные и неблагоприятные условия труда. Понятие риска. Оценка рисков.

28. Основные термины и определения, предмет, задачи, содержание, социально-экономическое значение охраны труда.

29. Основные принципы и направления государственной политики в области охраны труда.

30. Законодательные и иные действующие правовые и технические нормативные акты по гигиене и безопасности труда, производственной санитарии, пожарной и промышленной безопасности.

31. Локальные нормативные правовые акты. Инструкции по охране труда.

32. Организация государственного надзора и контроля за охраной труда на предприятиях.

33. Обязанности работодателей в области охраны труда. Гарантии, права и обязанности работающих по охране труда.

34. Организация производственного контроля за состоянием охраны труда.

35. Ответственность за нарушение законодательства по охране труда.

36. Организация обучения и проверки знаний работающих по безопасности труда. Обучение и проверка знаний руководителей и специалистов. Обучение и проверка знаний рабочих по охране труда.

37. Инструктажи работающих по охране труда.

38. Классификация опасных и вредных производственных факторов. Человеческий фактор в обеспечении безопасности труда.

39. Аттестация рабочих мест и компенсация работающим за работу в неблагоприятных условиях труда.

40. Травматизм и профессиональные заболевания, основные понятия, классификация. Расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний на предприятии.

41. Метеорологические условия производственной среды и их влияние на работающих. Нормирование и контроль параметров микроклимата производственных помещений.

42. Естественное освещение, его нормирование и расчет. Искусственное освещение, его нормирование и расчет. Характеристика источников света и светильников.

43. Классификация вредных веществ. Показатели опасности вредных веществ (ПДК). Действие вредных веществ на организм человека в зависимости от химической структуры и физических свойств, пути поступления в организм.

44. Действие электрического тока на организм человека. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током. Условия и основные причины поражения электрическим током.

45. Оказание первой доврачебной помощи при поражении электрическим током. Защитное заземление. Зануление. Защитное отключение. Использование малых напряжений. Индивидуальные электротехнические средства. Организационно-технические мероприятия по защите от поражения электрическим током.

46. Требования к помещениям для эксплуатации ЭВМ. Требования к организации рабочих мест. Организация режимов труда и отдыха при работе на ЭВМ.

47. Общие сведения о горении и взрыве. Воспламенение, самовоспламенение, возгорание, самовозгорание. Организационно-технические мероприятия по пожарной безопасности на предприятиях. Противопожарный режим.

48. Основные показатели взрывопожароопасности веществ и материалов. Зависимость показателей взрывопожароопасности от давления, температуры и других факторов.

49. Способы и средства тушения пожара. Первичные средства тушения пожара. Автоматические стационарные системы пожаротушения. Противопожарное водоснабжение.

50. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

51. Способы и средства тушения пожара.

52. Факторы, определяющие актуальность проблемы радиационной безопасности в современных условиях.

53. Строение атома и атомного ядра.

54. Явление радиоактивности.

55. Характеристика ионизирующих излучений.

56. Закон радиоактивного распада и период полураспада.

57. Деление ядер.

58. Дозиметрия ядерного излучения.

59. Источники ионизирующего излучения.

60. Радиоактивные элементы земных пород.

61. Строительные материалы как источники радиации.

62. Радон – промежуточный изотоп в рядах урана и тория.

63. Зависимость уровня земной радиации от вида почв и климатических факторов.

64. Космическая радиация.

65. Облучение естественным фоном.

66. Дополнительные источники неаварийного облучения населения.

67. Особенности биологического действия ионизирующего излучения.

68. Детерминированные эффекты радиации.

69. Отдаленные стохастические эффекты радиации.
70. Методы индикации дозиметрическими и радиометрическими приборами.
71. Устройство дозиметрических и радиометрических приборов.
72. Категории облучаемых лиц и пределы доз облучения.
73. Основные причины катастрофы на ЧАЭС.
74. Радиоактивное загрязнение территории Республики Беларусь после катастрофы на ЧАЭС.
75. Загрязнение территории йодом-131, цезием-137 и стронцием-90. Краткая характеристика данных радионуклидов.
76. Последствия Чернобыльской катастрофы для Республики Беларусь.
77. Классификация флоры и фауны Республики Беларусь по способности накапливать радионуклиды.
78. Меры по снижению уровня внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных радионуклидами.
79. Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.
80. Ядерное топливо и его распространенность в природе.
81. Устройство ядерного реактора.
82. Способы захоронения радиоактивных отходов.
83. Сравнительная оценка различных источников энергии.
84. Ядерная энергия – уникальный источник производства электроэнергии.
85. Развитие атомной энергетики в Республике Беларусь. Условия строительства АЭС. Правовая база технологии строительства.
86. Спасательно-эвакуационные действия и самозащита при радиационных авариях.
87. Средства индивидуальной и коллективной защиты от радиационных поражений.
88. Йодопрофилактика как способ повышения радиационной безопасности при облучении.
89. Зонирование территорий и регламентация жизнедеятельности с учетом уровня радиоактивной загрязненности территории.
90. Ускоренное выведение радионуклидов из организма человека.
91. Системы государственного и международного управления радиационной безопасностью.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Андруш В. Г., Ткачёва Л. Т., Кот Т. П. Охрана труда: учеб пособие. – Минск: Респ. ин-т высш. шк. (РИВШ), 2021. – 619 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб.-метод. пособие: в 3 ч. / И. А. Телеш и др. – Минск: БГУИР, 2017. – Ч. 1: Основы экологии и энергосбережения. – 94 с.
3. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб.-метод. пособие: в 3 ч. / Д. А. Мельниченко и др. – Минск: БГУИР, 2017. – Ч. 2: Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций, радиационная безопасность. – 98 с.
4. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб.-метод. пособие: в 3 ч. / И. А. Телеш и др. – Минск: БГУИР, 2022. – Ч. 3: Охрана труда. – 162 с.
5. Босак В. Н., Домненкова А. В. Безопасность жизнедеятельности человека. Практикум: учеб. пособие. – Минск: Выш. шк., 2016. – 191 с.
6. Вершина Г. А., Лазаренков А. М., Мусаев М. Н. Охрана труда: учеб. пособие. – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 582 с.
7. Вайнштейн Л. А., Яшин К. Д. Психология безопасности труда: учеб. пособие. – Минск: БГУИР, 2019. – 254 с.
8. Дорожко С. В., Ролевич И. В., Пустовит В. Т. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность: в 3 ч. – М.: Дикта, 2015. – Ч. 1: Чрезвычайные ситуации и их предупреждение. – 292 с.
9. Охрана труда: учеб.-практ. пособие по расчетам в охране труда / Лазаренков А. М. и др. – Минск: БНТУ, 2018.
10. Лазаренков А. М., Фасевич Ю. Н. Охрана труда и пожарная безопасность: учеб. пособие. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.
11. Мархоцкий Я. Л. Основы экологии и энергосбережения : учеб. пособие для вузов. – Минск: Выш. шк., 2014. – 287 с.
12. Морозова, Т. А. Основы экологии и экономика природопользования: учебное пособие. – Минск: Новое знание, 2014. – 286 с.
13. Мисун Л. В., Азаренко В. В., Мисун А. Л. Безопасность деятельности человека: пособие. – Минск: БГАТУ, 2018. – 140 с.
14. Мисун Л. В., Мисун А. Л., Севастюк Т. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: учеб. пособие. – Минск: БГАТУ, 2016. – 224 с.
15. Прищепа И. М., Ключев В. А., Дударев А. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб. пособие. – Минск: Выш. шк., 2020. – 328 с.
16. Челноков, А. А. Охрана труда: учебник / под общей редакцией А. А. Челнокова. – Минск: Выш. шк., 2020. – 542 с.
17. Калван Э. П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учеб.-метод. комплекс: в 2-х ч. – Новополоцк: ПГУ, 2014. – Ч. 1. – 280 с. – URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/13172> (дата обращения 25.05.2023).

18. Калван Э. П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учеб.-метод. комплекс: в 2-х ч. – Новополоцк: ПГУ, 2014. – Ч. 2. – 164 с. – URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/13173> (дата обращения 25.05.2023).

19. Охрана труда: учеб.-практ. пособие по расчетам в охране труда [Электронный ресурс] / Лазаренков А. М. и др. – Минск: БНТУ, 2018. – URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/48131> (дата обращения 25.05.2023).

Дополнительная:

20. Алексеев С. П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. – М.: Изд-во Политехнического университета, 2017. – 482 с.

21. Ветошкин А. Г. Основы инженерной экологии: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2018. – 332 с.

22. Василенко Т. А., Свергузова С. В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов: учеб. пособие. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 265 с.

23. Коробкин В. И. Экология и охрана окружающей среды: учебник. – М.: Кнорус, 2017. – 267 с.

24. Крючек Н. А., Латчук В. Н., Миронов С. К. Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях. – М: НЦ ЭНАС, 2017. – 264 с.

25. Мыртынюк В. Ф., Прусенко Б. Е. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях. – М.: Нефть и газ, 2017. – 336 с.

26. Полищук О. Н. Основы экологии и природопользования: учеб. пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2017. – 144 с.

27. Плошкин, В. В. Безопасность жизнедеятельности в социальной сфере: учеб. пособие: в 2 ч. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – Ч. 1. – 360 с.

28. Плошкин, В. В. Безопасность жизнедеятельности в социальной сфере: учеб. пособие: в 2 ч. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – Ч. 2. – 324 с.

29. Хотунцев Ю. Л. Человек, технологии, окружающая среда : учебное пособие для преподавателей и студентов. – 2-е изд. – М.: Прометей, 2019. – 354 с.

Нормативная:

30. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности: ГОСТ 24940-2016. – М.: Стандартинформ, 2019. – 24 с.

31. Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия» [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 28.12.2012, № 213 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21326850p&p1=1> (дата обращения 25.05.2023).

32. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для человека естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений общественных зданий» [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 28 июня 2012 г., № 82. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21226118p> (дата обращения 25.05.2023).

33. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013. – Введ. 15.04.13. – Минск: МЧС Респ. Беларусь, 2013. – 57 с.

34. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.02-315-2018 (33020). – Введ. 01.09.2018. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2018. – 55 с.

35. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ. – Введ. 01.12.2019. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2018. – 208 с.

36. Об утверждении правил пожарной безопасности [Электронный ресурс]: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 25 марта 2020, № 13. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035259p> (дата обращения 25.05.2023).

37. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», Гигиенического норматива «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений» постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 30.04.2013, № 33. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21327576p> (дата обращения 25.05.2023).

38. Современные приборы химической разведки и контроля / А. Н. Воронин и др. – СПб.: СПб ГКУ ДПО «УМЦ ГО и ЧС», 2019. – 77 с.

39. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний: ТКП 339-2011 (02230). – Введ. 01.12.2011. – Минск: М-во энергетики Респ. Беларусь, 2011. – 600 с.

40. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок: ТКП 427-2012 (02230). – Введ. 01.03.2013. – Минск: Минэнерго, 2013. – 82 с.