



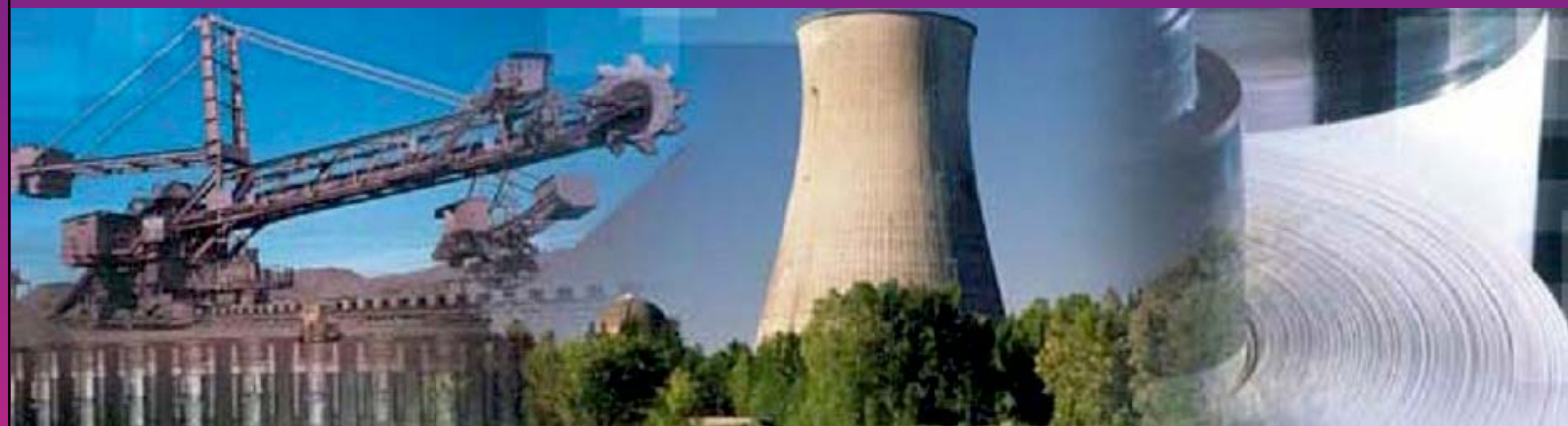
**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Уральский
энергетический
институт**

НОКСОЛОГИЯ

Учебное пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

НОКСОЛОГИЯ

Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. Е. Е. Барышева

*Рекомендовано методическим советом УрФУ
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по программе бакалавриата
по всем техническим направлениям подготовки*

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2014

УДК 502.22:504(075.8)
ББК 20.1я73
Н79

Авторы: Е. Е. Барышев, А. А. Волкова, Г. В. Тягунов, В. Г. Шишкунов

Рецензенты: кафедра «Безопасность горного производства» Уральского государственного горного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А. И. Ермолаев;
ген. директор д-р экон. наук В. П. Ануфриев (Уральский центр энергосбережения и экологии)

Ноксология: учебник / Е. Е. Барышев, А. А. Волкова, Г. В. Тягунов, Н79 В. Г. Шишкунов; под общ. ред. Е. Е. Барышева. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 160 с.

ISBN 978-5-7996-1229-0

В учебном пособии сформулированы теоретические основы ноксологии – науки об опасностях. Рассмотрены различные виды опасностей и методы оценки негативного воздействия реализованных опасностей на человека и окружающую среду, сформулированы принципы, методы и средства защиты человека и среды обитания от этого воздействия.

По каждому разделу приводятся контрольные вопросы и задачи для самостоятельного решения.

Библиогр.: 33 назв. Табл. 23. Рис. 26.

УДК 502.22:504(075.8)
ББК 20.1я73

ISBN 978-5-7996-1229-0

© Уральский федеральный университет, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Человечество во все времена своего существования вело активную борьбу с опасностями: защита от пожаров, соблюдение правил безопасности на производстве, снижение дорожно-транспортных происшествий и т. п.

Во второй половине XX–начале XXI века человек активизирует природоохранную деятельность: защита от выбросов автотранспорта, теплоэлектростанций, промышленных объектов экономики и ЖКХ, ликвидация и захоронение твердых отходов – это сегодня главные природоохранные задачи.

В конце XX столетия сформировалась дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД). БЖД – система знаний, направленных на обеспечение безопасности и сохранение здоровья человека в производственной и непроизводственной среде с учетом влияния человека на среду обитания. В этот период со всей очевидностью стало ясно, что реализации на практике только защитных от опасностей мероприятий недостаточно для обеспечения безопасности человека. Необходимы: превентивный анализ всех предлагаемых техногенных решений в целях обнаружения возможных опасных проявлений; применение научно обоснованных требований к созданию малоопасных технологий, машин и производств; установление современных норм и правил для обеспечения безопасности зон труда и отдыха, норм и правил возможного допустимого воздействия техносферы и человека на окружающую среду.

Возникла необходимость активного развития человеко- и природозащитной деятельности на научной основе путем создания науки об опасностях окружающего материального мира – науки **ноксологии**, а также подготовки инженерно-технических и научных кадров – носителей этой области знаний.

Ноксология (греч. *ноксо* – опасность) – наука об опасностях материального мира Вселенной.

Общей целью изучения ноксологии является углубление и развитие знаний о системе обеспечения безопасности в условиях негативных факторов техносферы, а также формирование навыков практического использования знаний

в области обеспечения безопасности при осуществлении организационно-управленческой и эксплуатационной профессиональной деятельности.

Одновременно появилась потребность во всемерном внедрении в общество **культуры безопасности**, основанной на постижении каждым человеком знаний о происхождении и принципах появления опасностей, о современном мире опасностей и защите от него.

Ноксология изучает происхождение и совокупное действие опасностей, описывает опасные зоны и показатели их влияния на материальный мир, оценивает ущерб, наносимый опасностями человеку и природе, а также рассматривает принципы минимизации опасностей в источниках и основы защиты от них в пределах опасных зон.

Дисциплина «Ноксология» отражает и систематизирует научно-практические достижения в области человеко- и природозащитной деятельности, основывается на теоретических разработках отечественных и зарубежных ученых.

Известные знания о безопасности жизнедеятельности и защите природы объединены в рамках этого учения далеко не случайно. Они имеют одну понятийную основу и неразрывно связаны с понятием «опасность». Кроме того, они имеют общее реальное содержание, обусловленное общностью источников опасностей, действующих, как правило, одновременно на человека, общество и природу, а также значительной общностью средств защиты.

Дисциплина «Ноксология» относится к естественно научному циклу и обеспечивает понимание и логическую взаимосвязь в системе *человек – техносфера – природа* на уровне негативного взаимодействия элементов системы.

Опасность – свойство человека и окружающей среды, способное причинять ущерб живой и неживой материи.

Ноксология – наука об опасностях материального мира Вселенной – является составной частью науки «Экология» (экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей их средой) и рассматривает взаимоотношения живых организмов между собой и окружающей их средой на

уровнях, приносящих ущерб здоровью и жизни организмов, или на уровнях, нарушающих целостность окружающей их среды.

Современную схему взаимодействия человека со средой можно представить в виде четырех взаимодействующих систем, схематически показанных на рис. В.1.

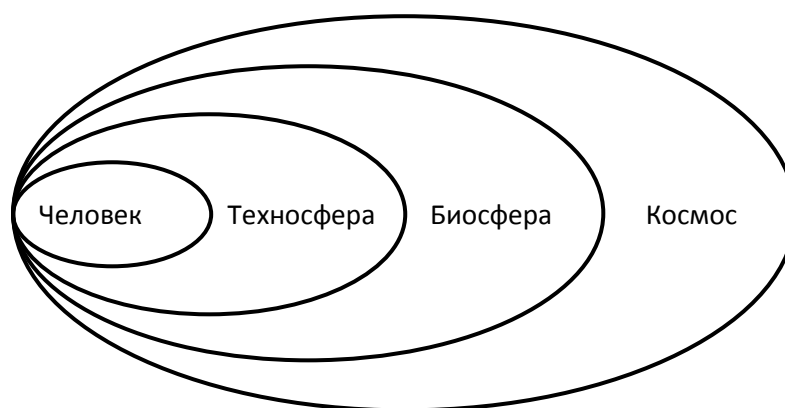


Рис. В.1. Схема взаимодействия человека со средой

Почти 700 тыс. лет человечество пребывает в непосредственном контакте с биосферой Земли, которая всегда являлась и является защитным экраном от космического воздействия. В биосфере зародилась жизнь и сформировался человек, но она обладала и обладает рядом естественных факторов, негативно влияющих на человека (повышенная и пониженная температура воздуха, атмосферные осадки, стихийные явления и т. п.). Поэтому для защиты от неблагоприятных воздействий биосферы и для достижения ряда иных целей человек был вынужден создать техносферу.

Техносфера – среда обитания, возникшая с помощью прямого или косвенного воздействия людей и технических средств на природную среду (биосферу) в целях наилучшего соответствия среды социально-экономическим потребностям человека.

По определению, к техносфере относится все, что создано человеком: производственная, городская, бытовая среды, лечебно-профилактическая, культурно-просветительская зоны и т. п.

Создание техносферы – длительный процесс, обусловленный эволюционным развитием человечества и среды его обитания. Начало активного создания техносферы приходится на середину XIX века.

При оценке процесса эволюционного развития человечества прежде всего отметим, что за период своего существования человечество радикально увеличило свою численность, доведя ее в 2006 г. до 6,5 млрд человек, причем только в XX веке население возросло более чем на 4,5 млрд человек.

Как следствие средняя плотность населения на Земле (площадь суши равна 149 млн км²) за последние несколько столетий также возросла многократно:

год	1650	1950	2000	2006	2008
средняя плотность населения, чел./км ²	3,7	20	40	43,6	44

Поскольку горы, леса, пустыни и ледники мало населены, региональная плотность обжитых мест всегда существенно выше средней. Например, в Европе она составляет 100–150 чел./км². Плотность населения отдельных стран также различна, например в Голландии – 380, во Франции – 100, а в европейской части России – 85 чел./км².

Одновременно с ростом численности населения Земли начиная с XVI века происходило еще одно важное событие – урбанизация.

Урбанизация – переселение людей на постоянное проживание из сельской местности в города главным образом в целях их широкого привлечения к промышленному производству.

К началу XXI века урбанизация охватила около 50 % населения нашей планеты, а в ведущих странах мира уровень урбанизации оказался еще выше: к 1990 г. в США – 70 %, в России к 1995 г. – 76 % (значение указанного показателя не меняется в последние годы).

Урбанизация во многом способствовала созданию мегаполисов – городов с населением более 15 млн чел., таких как Токио (26,5), Мехико (18,3), Сан-Паулу (18,3), Нью-Йорк (16,8), Бомбей (16,5 млн чел.) и др. По итогам переписи 2002 г. население Москвы составило около 10 млн чел.

Интенсивный рост численности населения Земли и его урбанизация способствовали развитию многих процессов в экономике и прежде всего росту промышленного и сельскохозяйственного производства, энергетики, увеличению численности и видов транспортных средств, повышению производительности и энерговооруженности человеческой деятельности.

События, происходившие в экономике в XX столетии, носили в основном позитивный характер, однако одновременно они привели к ряду негативных процессов и явлений. Отметим главное.

1. Темпы роста производства электроэнергии в мире во второй половине XX века были весьма значительными:

год	1950	1970	1980	1990	2000	2005
производство электроэнергии в мире, млрд кВт · ч	950	5000	8250	11800	14500	18140

Однако одновременно с ростом производства электроэнергии практически пропорционально увеличились выбросы в атмосферный воздух таких ингредиентов, как CO₂, SO₂, NO_x, пыль и др.

2. Во второй половине XX века каждые 12–15 лет удваивалось промышленное производство ведущих стран мира, что создавало удвоение выбросов, сбросов и других отходов, загрязняющих биосферу. В СССР в период с 1940 г. по 1980 г. возросло производство электроэнергии в 32 раза; стали – в 7,7; автомобилей – в 15 раз; добыча угля увеличилась в 4,7 раза; нефти – в 20 раз. Аналогичные или близкие к ним темпы роста наблюдались во многих других отраслях экономики. Значительно более высокими темпами развивалась химическая промышленность, строились объекты цветной металлургии, увеличивалось производство строительных материалов и др.

3. Постоянно увеличивались и развивались средства транспорта. Мировой автомобильный парк с 1960 г. по 2007 г. возрос с 120 до 800 млн автомобилей, что привело к повышенному загрязнению атмосферного воздуха в городах.

4. Огромны затраты на военные цели. После Второй мировой войны в XX веке на вооружение в мире израсходовано около 6 трлн долл. США. Военная

индустрия является одним из активных стимуляторов развития техники и роста энергетического и промышленного производства, что негативно влияет на качество среды обитания.

5. Развитие промышленного производства сопровождалось не только увеличением выброса загрязняющих веществ, но и вовлечением все большего числа химических элементов:

год	1869	1906	1917	1937	1985	2007
количество химических элементов:						
известно	62	84	85	89	104	117
использовалось	35	52	64	73	90	93

6. Вторая половина XX века связана с интенсификацией сельскохозяйственного производства. В целях повышения плодородия почв и борьбы с вредителями в течение многих лет использовались искусственные удобрения и различные токсиканты. При избыточном применении азотных удобрений почва перенасыщается нитратами, а при внесении фосфорных удобрений – фтором, редкоземельными элементами, стронцием. При использовании нетрадиционных удобрений (отстойного ила и т. п.) почва перенасыщается соединениями тяжелых металлов. Избыточное количество удобрений приводит к перенасыщению продуктов питания токсичными веществами, нарушает способность почв к фильтрации, ведет к загрязнению водоемов, особенно в паводковый период.

Пестициды, применяемые для защиты растений от вредителей, опасны и для человека. Установлено, что от прямого отравления пестицидами в мире ежегодно погибает около 10 тыс. человек, гибнут леса, птицы, насекомые. Пестициды попадают в пищевые цепи, питьевую воду. Все без исключения пестициды оказывают либо мутагенное, либо иное отрицательное воздействие на человека и живую природу.

Следует отметить, что эволюция человечества, развитие промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства и ряд других обстоятельств привели современный мир к созданию среды обитания нового типа **техносферы**, в которой проживает и трудится все урбанизированное население – большая часть жителей нашей планеты.

В XX веке на Земле по воле человека и с использованием его труда произошли глобальные изменения в хозяйственной и природной сферах, что видно в нижеприведенной таблице.

Показатели развития	1900	1990	2008
Численность населения, млрд человек	1	5	6,6
Валовой мировой продукт, млрд долл. США	60	20000	62200
Мощность мирового хозяйства, тыс. Вт	1	10	13
Потребление чистой первичной продукции биоты, %	1	40	–
Площадь, нарушенная хозяйственной деятельностью на суше, %	2	60	65

Из этих данных следует, что в XX веке на фоне демографического взрыва и урбанизации населения существенно возросло потребление продукции биоты, в десятки раз возросла мощность мировой экономики, в несколько раз увеличились освоенные человеком регионы биосферы, превратившись в города, промышленные зоны, территории АЭС, ТЭС и ГЭС, свалки, золотоотвалы и т. п.

Основные этапы развития деятельности населения и изменение его численности в истории человечества показаны на рис. В.2.

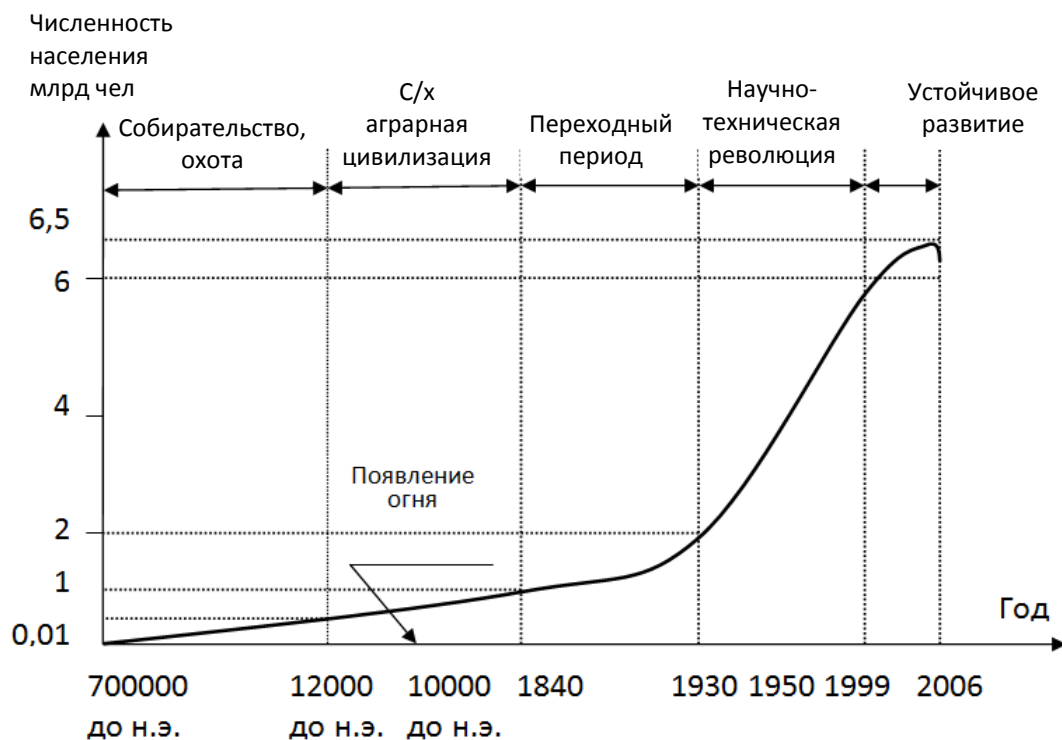


Рис. В.2. Этапы развития деятельности и рост численности населения в истории человечества

На людей на этапе собирательства и охоты негативно воздействовали в основном естественные опасности: температура среды, ветер, осадки, гроззовые разряды и т. п.

Для этапа развития сельского хозяйства и аграрной цивилизации характерно наличие естественных опасностей, как повседневных, так и стихийных, а также негативное влияние человека на природу за счет вырубки лесов под пашни и т. д. С появлением огня (10 000 до н. э.) это влияние на природу усилилось. Техногенные опасности данного этапа были связаны лишь с применением примитивных орудий труда в сельском хозяйстве, а также с использованием огня и домашних животных. На этом этапе негативное воздействие человека, технических средств на природу нарастает, но остается ограниченным и локальным вплоть до середины XIX века. Основными опасностями для человека и природы являлись естественные опасности.

С середины XIX века до 30-х годов XX века реализуется переход от аграрной цивилизации к этапу научно-технической революции (НТР). В это время активно развивается производство чугуна и стали, в распоряжении человека появились электрические и нефтяные двигатели. Период ознаменован ростом негативных техногенных воздействий на человека и природу практически с сохранением прежнего уровня естественных опасностей и ростом антропогенной нагрузки на природу и общество, поскольку к 1840 г. численность населения Земли составила один, а в 1930 г. – два миллиарда человек.

Этап НТР ознаменован значительным ростом показателей развития и использованием техники и технологий (табл. В.1), сопровождается демографическим взрывом и активной урбанизацией населения, значительным повышением его энерговооруженности, возникновением субъективных оценок действительности, адаптацией человека к новым условиям жизни и др.

Этапы и показатели развития техносферы в XX веке

Этапы развития техносферы	Основные показатели развития	Передовые страны
1900–1950 гг.	Электрический двигатель, ТЭС, сталь	США, Германия
1950–1980 гг.	Нефть, газ, АЭС, авиация, космонавтика	СССР, США
1980–2000 гг.	ЭВМ	Япония, США

До середины XX века человек не обладал способностью инициировать крупномасштабные аварии и катастрофы и тем самым вызывать необратимые экологические изменения регионального и глобального масштабов, соизмеримые со стихийными бедствиями. Появление ядерных объектов, высокая концентрация химических веществ и рост их производства сделали человека способным оказывать разрушительное воздействие на людей, среду обитания и экосистемы. Примером тому служат трагедии в Чернобыле, Бхопале. Огромное разрушительное воздействие оказывается при испытании ядерного и других видов оружия.

Возникновению негативных процессов в среде обитания способствовали также просчеты государственных органов в хозяйственной деятельности, проводившейся без учета закономерностей развития природы и потребностей человека в защите его здоровья и жизни.

Долгое время (практически вплоть до начала второй половины XX века) человечество не замечало или игнорировало негативное влияние хозяйственной деятельности и техносферы на природу.

Создавая крупные города, энергопроизводящие и промышленные центры (Норильск, Мончегорск, Магнитогорск, Братск и др.), общество и государство не обеспечили на этапе их проектирования, строительства и эксплуатации необходимой защиты природы и населения от их негативного влияния. В итоге атмосфера, гидросфера и земли в таких городах и прилегающих к ним селитебных зонах оказались чрезмерно загрязненными и малопригодными к обитанию в них людей. В результате природа, здоровье и жизнь жителей крупных городов

и промышленных зон оказались под угрозой. Аналогичные условия жизни сформировались в районах расположения испытательных полигонов (Семипалатинск, Новая Земля, Плесецк и др.).

Вооружившись к середине XX столетия мощной техникой, человек приступил к еще более активному преобразованию природы. В дело пошли проекты орошения земель Средней Азии (погибает Аральское море), переброски северных рек на юг (проект остановлен перед реализацией) и т. п.

Пренебрежение природой – это важнейший стратегический просчет человечества на пути его эволюционного развития в XX столетии.

В том же XX столетии стремительно нарастают и проявляют себя антропогенные опасности. Человек не готов к восприятию быстро развивающейся действительности, поскольку процесс полной адаптации человека к новой среде обитания носит длительный характер (по утверждению специалистов, для полной адаптации человека к новым условиям обитания необходима жизнь ряда поколений в течение 10000 лет). Вследствие этого необходимо активное обучение знаниям защиты работающих и населения, а также применение дополнительных защитных мер для достижения совместимости человека с быстро трансформируемой средой обитания. Если обучение и защитные меры отсутствуют или недостаточны, то стремительно нарастают антропогенные опасности. Возрастает производственный и бытовой травматизм, число аварий и катастроф техногенного происхождения. Результаты анализа эволюционного развития мира опасностей представлены в табл. В.2.

Тенденции развития современного мира таковы, что число и значимость источников опасностей непрерывно нарастает. Появление атомной энергетики и атомного оружия сопровождалось значительным ростом опасностей, связанных с его радиационным воздействием прежде всего на человека. Создание лазерной техники привело к возникновению опасностей, вызываемых лазерными излучениями.

Состояние мира опасностей на различных этапах
развития деятельности населения

Этап развития (годы)	Численность населения, млн чел.	Состояние мира опасностей
Собирательство, охота (700000–12000 лет до н. э.)	< 10	Естественные – обычный уровень Антропогенные – следы Техногенные – следы
Сельское хозяйство и аграрная цивилизация (12000 лет до н. э. – середина XIX века)	10–1000	Естественные – обычный уровень Антропогенные – низкий уровень Техногенные – следы
Переходный (1840–1930 гг.)	1000–2000	Естественные – обычный уровень Антропогенные – низкий уровень Техногенные – низкий уровень
НТР (1930–1999 гг.)	2000–6000	Естественный – обычный уровень с некоторым ростом Антропогенные – высокий уровень Техногенные – высокий уровень

С конца XX–начала XXI века формируется информационное общество, для которого характерны все опасности предыдущего этапа развития с усилением техногенных опасностей, связанных с эксплуатацией вычислительной и информационной техники, с повышенным влиянием электромагнитных полей и излучений.

Таким образом, в итоге эволюции человечества к концу этапа НТР возник парадокс – в течение многих столетий люди совершенствовали технику, чтобы обезопасить себя от естественных опасностей, а в результате пришли к наивысшим техногенным опасностям, связанным с производством и использованием техники и технологий.

К концу XX века достигли своего апогея не только техногенные опасности, но и антропогенные. Частота их проявления во многом обусловлена ошибочными действиями операторов технических систем, а масштабы воздействия часто многократно усиливаются из-за выхода из строя управляемых ими энергоемких технических устройств и технологических процессов.

Естественные опасности конца XX столетия практически не изменились по сравнению с опасностями предыдущих этапов развития человечества. Однако их воздействие на природную среду и человека заметно возросло из-за наметившегося в последнее время влияния антропогенной деятельности и технических устройств на естественные процессы, происходящие в земной коре, в атмосфере, космосе и т. п., а также вследствие роста численности и урбанизации населения.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЙ МИР ОПАСНОСТЕЙ (НОКСОСФЕРА)

1.1. Естественные и естественно-техногенные опасности

Естественные опасности возникают при изменении абиотических факторов биосферы и при стихийных природных явлениях.

1.1.1. Взаимодействие человека с окружающей средой

Организм человека постоянно находится во взаимодействии с окружающей его средой. Жизнь человека на урбанизированной территории неразрывно связана со следующими этапами деятельности: труд, пребывание в городской среде, использование средств транспорта, пребывание в сфере быта, активный и пассивный отдых.

Энергообмен человека. Совершение всех видов деятельности организма осуществляется за счет потребляемой им химической энергии, содержащейся в биологическом «топливе» – пище.

Совокупность всех химических реакций в организме, необходимых для обеспечения его веществом и энергией, называется обменом веществ.

Терморегуляция. Функционирование организма человека требует протекания в нем химических и биохимических процессов в достаточно строгих температурных пределах (36,5–37,0 °С).

Приспособление организма человека к изменениям параметров состояния окружающей среды выражается в способности протекания в нем процессов терморегуляции.

Терморегуляция – совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание постоянства температуры тела.

В результате жизнедеятельности в организме человека постоянно образуется тепло. За один час его образуется столько, сколько требуется, чтобы вскипятить один литр холодной воды.

В 1780 г. Лавуазье установил, что дыхание и горение имеют единую природу. Через органы дыхания (легкие, дыхательные пути) в кровь человека поступает кислород, а наружу выделяется углекислый газ. Если вдыхаемый воздух содержит 21 % кислорода, то выдыхаемый – 16 %. В сутки в кровь поступает до 500 л кислорода и выделяется 400 л CO_2 . «Топливо», т. е. окисляемые вещества, взаимодействует с кислородом, потребляемым организмом из воздуха, и «сгорает» до образования CO_2 и H_2O :

Органические вещества (пища) + $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{энергия}$.

Освобождаемая свободная энергия преобразуется в энергию АТФ (аденозинтрифосфата, молекулы которого являются носителями энергии), которая используется затем во всех физико-химических процессах, протекающих в живом организме, – процессах синтеза белков, нуклеиновых кислот, процессах транспорта веществ, в непосредственном движении, т. е. работе мышц.

Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме, и излишком тепла, непрерывно отдаваемым в окружающую среду, т. е. сохраняет тепловой баланс организма:

$$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{отд}}$$

Теплообмен между человеком и окружающей его средой осуществляется с помощью следующих механизмов:

- за счет инфракрасного излучения, которое излучает или получает поверхность тела (R);
- теплоотдачей или теплоприходом за счет конвекции (C), т. е. через нагрев или охлаждение тела воздухом, омывающим поверхность тела;
- теплоотдачей (E), обусловленной испарением влаги с поверхности кожи, слизистых оболочек верхних дыхательных путей, легких.

$$Q_{\text{отд}} = \pm R \pm C - E.$$

Вклад каждого из представленных выше механизмов теплообмена в процесс теплоотдачи от тела человека в окружающую среду зависит от метеорологических условий и интенсивности выполняемой работы. Так, в состоянии покоя

при температуре 20 °С на долю излучения приходится 50–65 %, испарения пота – 20–25 %, конвекции – 15 %, дыхания – 5 %. При этом свыше 80 % тепла отдается через кожу, примерно 13 % – через органы дыхания, около 7 % тепла расходуется на согревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха. При изменении температуры, относительной влажности и скорости движения окружающего воздуха это соотношение меняется (рис. 1.1).

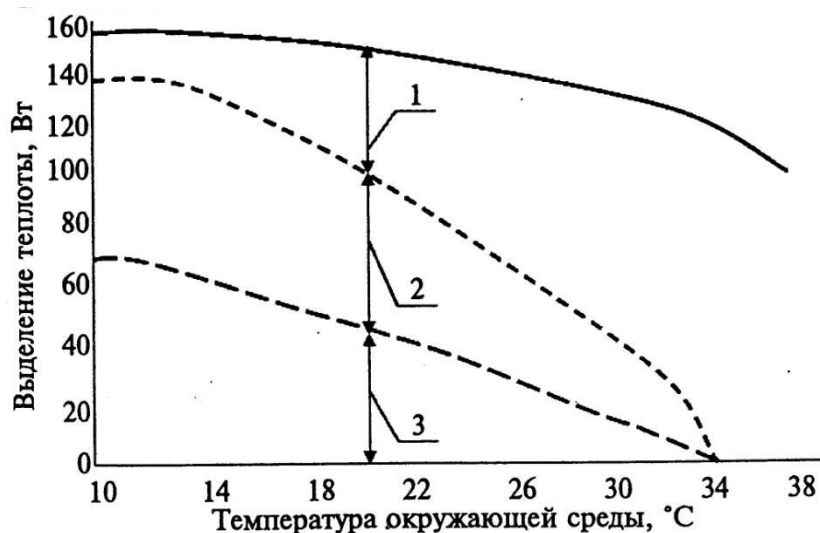


Рис. 1.1. Показатели выделения теплоты телом человека в состоянии покоя в зависимости от температуры окружающей среды: 1 – теплота, выделяемая при испарении пота; 2 – теплота, выделяемая путем конвекции; 3 – теплота, выделяемая излучением

В состоянии покоя организма и температуре воздуха 15 °С потоотделение незначительно и составляет примерно 30 мл за 1 ч. При высокой температуре (30 °С и выше), особенно при выполнении тяжелой физической работы, потоотделение может увеличиваться в десятки раз. Так, в горячих цехах при усиленной мышечной работе количество выделяемого пота 1–1,5 л/ч, на испарение которого затрачивается 2500–3800 кДж.

Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости движения воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении температуры воздуха возникают обратные явления. Установлено, что при температуре свыше 25 °С работоспособность человека начинает снижаться. На рис. 1.2 приведена зависимость производительности умственного труда от температуры воздуха для двух групп обследованных: школьников и взрослых.

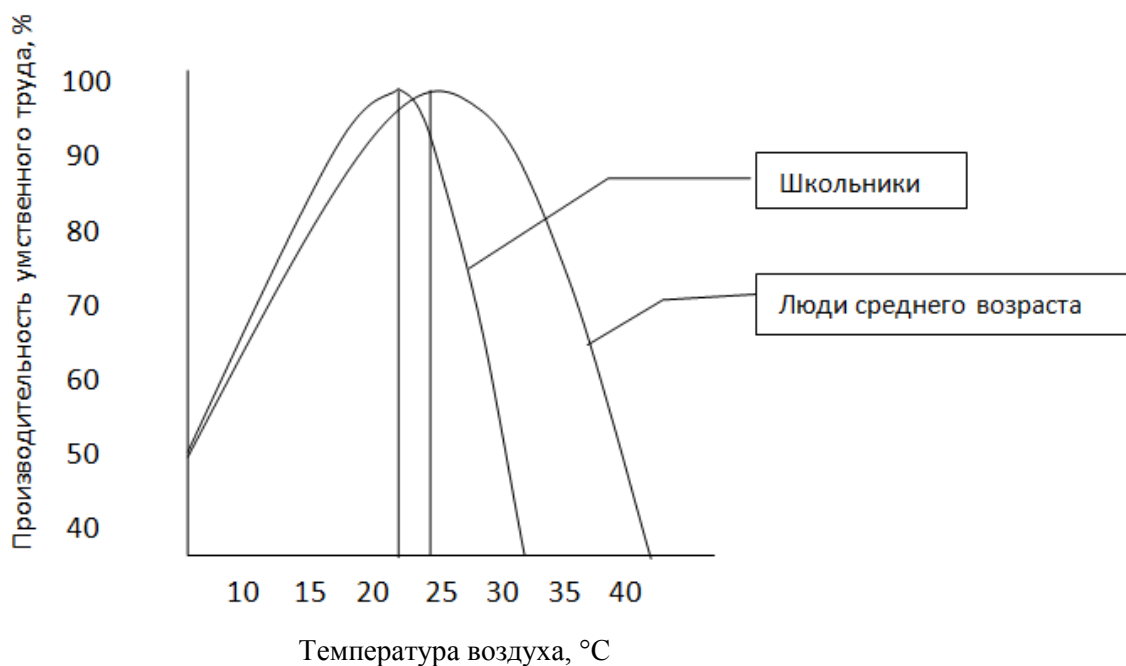


Рис. 1.2. Зависимость производительности умственного труда от температуры в помещении

Для человека определены максимальные значения допустимой температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Переносимость организмом человека высоких температур зависит от влажности и скорости движения воздуха.

Высокая влажность воздуха уменьшает скорость испарения пота, что ухудшает теплообмен с поверхности кожи и ведет к перегреву тела человека. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность воздуха при $T_{oc} > 30$ °С, когда практически вся теплота, вырабатываемая в теле человека, отдается в окружающую среду за счет испарения пота.

Интенсивное потовыделение при высоких температурах приводит к обезвоживанию организма. Обезвоживание на 6 % влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения, обезвоживание на 15–20 % приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей, микроэлементов и водорастворимых витаминов (С, В₁, В₂). При неблагоприятных условиях потери жидкости организмом человека могут достигать 8–10 л за смену. При этом потери соли NaCl (ее концентрация в поте составляет 0,3–0,6 %) достигают 40 г, что составляет почти 30 % ее общего количества в организме человека. Потери соли крайне опасны для организма.

Длительное воздействие высокой температуры особенно в сочетании с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию его перегревания выше допустимого уровня – гипертермии – состоянию, при котором температура тела поднимается до 38–39 °С. При гипертермии и, как следствие, тепловом ударе наблюдается головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение, учащение пульса и дыхания. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116 °С.

1.1.2. Повседневные естественные опасности

К повседневным абиотическим факторам относятся *климатические* (атмосферные) факторы (температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферное давление, газовый состав воздуха, осадки, прозрачность атмосферы, излучение Солнца и др.), *факторы водной среды* (температура воды, ее состав, кислотность и др.), *почвенные* факторы (состав, кислотность, температура и др.) и *топографические* факторы (высота над уровнем моря, крутизна склона и др.).

Температура воздуха и излучение Солнца – наиболее важные абиотические факторы. От температуры зависят обмен веществ и жизнь организмов, их географическое распространение. Самая низкая температура ($-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) зафиксирована 21 июля 1983 г. в Антарктиде. Самым холодным обитаемым местом в мире считается село Оймякон (Якутия, Россия). В 1933 г. здесь фиксировалось $-68\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самая высокая температура в тени ($+58\text{ }^{\circ}\text{C}$) зафиксирована 13 сентября 1922 г. в Ливии.

Реальные температурные условия пребывания человека в атмосферном воздухе могут изменяться в широких пределах: от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже (работа на открытых площадках в зимних условиях) до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше при пребывании в условиях жаркого климата.

Установлено, что при достижении температурного уровня в $27\text{--}28\text{ }^{\circ}\text{C}$ эффективность работы человека снижается, а число ошибок возрастает. Нижняя граница допустимого температурного уровня $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Известно также, что при температуре $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ несчастные случаи на производстве происходят на 34 % чаще, чем при $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Излучение Солнца, представляющее собой электромагнитные волны различной длины, также крайне значимо для живой природы и для человека. Оно является основным внешним источником энергии, определяет продолжительность светового дня, его видимый диапазон излучения обеспечивает непосредственную связь организма с окружающим миром, давая до 90 % информации о нем. Но современному человеку не хватает дневного естественного света. Значительная часть работы и отдыха человека протекает при искусственном освещении.

Отклонения температуры атмосферного воздуха от допустимой и недостаточная освещенность поверхностей солнечным излучением сопровождаются возникновением естественных опасностей, действующих на человека. Откло-

нения иных абиотических факторов также могут стать причиной возникновения естественных опасностей, но их проявление возникает, как правило, реже и менее значимо для жизнедеятельности человека.

1.1.3. Опасности стихийных явлений

В условиях современной техносферы возможно негативное воздействие стихийных явлений. К ним относятся землетрясения, наводнения, штормовые ветры, снежные метели и заносы, оползни, карстовые явления, процессы просадки и провалы, грозы и т. п.

Землетрясения. Наибольшее воздействие землетрясения оказывают на здания и сооружения, которые подразделяются на три типа:

А – здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича сырца, глинобитные дома;

Б – кирпичные дома, здания крупноблочного типа, здания из естественно-го тесаного камня;

В – здания панельного типа, каркасные железобетонные здания, деревянные дома хорошей постройки.

Интенсивность землетрясений оценивается по 12-балльной шкале (табл. 1.1).

При этом регламентируют пять степеней повреждения зданий и сооружений:

1 – легкие повреждения: тонкие повреждения в штукатурке и откалывание ее небольших кусков;

2 – умеренные повреждения: небольшие трещины в стенах, откалывание довольно больших кусков штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах и падение частей дымовых труб;

3 – тяжелые повреждения: глубокие и сквозные трещины в стенах, падение дымовых труб;

Характеристика землетрясений

Баллы	Вид землетрясения	Характеристика воздействия землетрясения
1	Незаметное сотрясение почвы	Отмечается только сейсмическими приборами
2	Очень слабые толчки	Отмечаются сейсмическими приборами. Ощущаются отдельными людьми, находящимися в покое
3	Слабое	Легкое раскачивание висячих ламп, открытых дверей
4	Умеренное	Распознается по легкому дребезжанию оконных стекол, скрипу дверей и стен
5	Довольно сильное	Под открытым небом ощущается многими, внутри домов – всеми. Общее сотрясение стен здания, колебание мебели. Маятники часов останавливаются. Появляются трещины в оконных стеклах и штукатурке
6	Сильное	Ощущается всеми. Многие в испуге выбегают на улицу. Висящие на стенах предметы падают. Появляются повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А; в отдельных зданиях типа А – повреждения 2-й степени
7	Очень сильное	Сильно качаются подвешенные предметы, сдвигается мебель. Во многих зданиях типа В повреждения 1-й степени и в отдельных – 2-й степени. Во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени и в отдельных – 4-й степени. Трещины в каменных оградах. Образуются оползни берегов рек
8	Разрушительное	Сильные повреждения зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени и в отдельных – 4-й степени. Во многих зданиях типа Б повреждения 3-й и в отдельных – 4-й степени. Во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени и в отдельных – 5-й степени. Памятники и статуи сдвигаются с места и опрокидываются. Возникают трещины на крутых склонах и сырой почве
9	Опустошительное	Всеобщие повреждения зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й, в отдельных – 4-й степени. Во многих зданиях типа Б повреждения 4-й, в отдельных – 5-й степени. В большинстве зданий типа А повреждения 5-й степени. Памятники и колонны опрокидываются
10	Уничтожающее	Всеобщее разрушение зданий. Появляются трещины в почве, иногда до 1 м шириной. Дороги деформируются. Образуются оползни и обвалы со склонов. Разрушаются трубопроводы, ломаются деревья

Баллы	Вид землетрясения	Характеристика воздействия землетрясения
11	Катастрофическое	Появляются широкие трещины в поверхностных слоях земли, многочисленные оползни и обвалы. Каменные дома почти совершенно разрушаются. Железнодорожные рельсы сильно искривляются и выпучиваются
12	Сильно катастрофическое	Изменения в почве достигают огромных размеров. Образуются многочисленные трещины, обвалы, оползни. Возникают водопады, подпруды на озерах, отклоняются течения рек. Все здания и сооружения полностью разрушаются. Растительность и животные гибнут от обвалов

4 – разрушения: обрушения внутренних стен и стен заполнения каркаса, проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий;

5 – обвалы: полное разрушение зданий.

Наводнения. Среди стихийных явлений наводнения по повторяемости, по масштабам воздействия и по материальному ущербу стоят в России на первом месте. Причины возникновения наводнений:

- половодья, обычно весенние, из-за таяния снега и половодья при интенсивных дождях в бассейнах равнинных рек;
- наводнения из-за заторов (весной) и зажоров (осенью), возникающие из-за скопления на реках шуги и льда;
- наводнения, вызванные подъемом закрытых морей (Каспийское море);
- нагонные наводнения (река Нева);
- наводнения, вызванные подводными землетрясениями;
- наводнения из-за прорыва плотины.

При наводнениях происходит быстрый подъем воды и затопление прилегающей местности. Часто при этом возникают подтопления, когда вода проникает в подвалы зданий через канализационную сеть (при сообщении канализации с рекой), по канавам и траншеям, а также из-за значительного подпора грунтовых вод.

Более устойчивы в этом отношении блочные бетонные здания с фундаментом из бетонных и железобетонных блоков и плит. Такие здания с заполненными водой подвалами длительно сохраняют общую устойчивость.

Вторичными последствиями наводнений являются загрязнения воды и местности веществами из разрушенных и затопленных хранилищ, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, массовые заболевания людей и животных, аварии на транспортных и инженерных коммуникациях, оползни, обвалы и даже изменения ландшафта.

Штормовые ветры, снежные метели и заносы. По определению специалистов циклон – это замкнутая область атмосферного возмущения с пониженным давлением в центре и вихревым движением воздуха. Разрушительное действие циклонов определяется дождевыми осадками (снегом) и скоростным напором ветра. Согласно строительным нормам, максимальное нормативное значение ветрового давления для территории России составляет 0,85 кПа, что при нормальной плотности воздуха 1,22 кг/м³ соответствует скорости ветра 37,3 м/с. Однако, как показывает практика, далеко не все сооружения выдерживают ветер даже меньшей силы. Велика также разрушительная сила ударов от предметов, уносимых сильными ветрами.

Зимой при прохождении циклонов возникают метели. В соответствии с силой ветра метели делят на пять категорий: слабые, обычные, сильные, очень сильные и сверхсильные. В зависимости от того, как снег переносится ветром, различают несколько видов метели: верховая, низовая и общая.

Для людей большую опасность представляют сильные метели в тот момент, когда они находятся вне населенных пунктов на открытой местности.

Для визуальной оценки скорости ветра по его действию на наземные предметы или по волнению на море в 1806 г. английский адмирал Ф. Бофорт разработал условную шкалу. В 1963 г. Всемирная метеорологическая организация уточнила эту шкалу (табл. 1.2).

Ветровые движения атмосферного воздуха происходят почти параллельно земной поверхности, поэтому под скоростью ветра подразумевается горизонтальная составляющая ветрового движения.

Воздействие ветра небезопасно, поэтому его приходится учитывать в повседневной жизни. Так, на Камчатке при скорости ветра 30 м/с и более по распоряжению местных органов прекращают работу школьные учреждения, детские сады и ясли, а при ветре более 35 м/с не выходят на работу женщины. При проектировании сооружений предусматривают, чтобы они могли противостоять самым сильным ветрам. Для территории России максимальное значение скорости ветра при проектировании зданий и сооружений принято 37,3 м/с, или 134 км/ч, что соответствует силе ветра в 12 баллов.

Таблица 1.2

Шкала для визуальной оценки силы ветра

Баллы	Скорость ветра, м/с	Словесная характеристика	Действие ветра
0	0–0,2	Штиль	Полное отсутствие ветра. Дым из труб поднимается вертикально. Море зеркально гладкое
1	0,3–1,5	Тихий	Ветер еще не приводит в движение флюгер, но уже относит дым. На море появляется рябь, но пены на гребнях нет
2	1,6–3,3	Легкий	Ветер ощущается лицом. Шелестят листья. Флюгер приходит в движение. Гребни на волнах не опрокидываются
3	3,4–5,4	Слабый	Непрестанно колыхаются листья и тонкие ветви деревьев. Развеваются легкие флаги. Гребни волн, уже хорошо выраженных, опрокидываясь, образуют стекловидную пену. Изредка возникают маленькие белые барашки
4	5,5–7,9	Умеренный	Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев. Волны на море удлиненные, белые барашки видны во многих местах
5	8,0–10,7	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев. Волны на море еще не очень крупные, но повсюду видны белые барашки
6	10,8–13,8	Сильный	Качаются толстые сучья деревьев, гудят телефонные провода. На море образуются крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади
7	13,9–17,1	Крепкий	Качаются стволы деревьев. Идти против ветра трудно. На море волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру

Баллы	Скорость ветра, м/с	Словесная характеристика	Действие ветра
8	17,2–20,7	Очень крепкий	Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно. Волны на море – умеренно высокие, длинные
9	20,8–24,4	Шторм	Ветер срывает черепицу и дымовые колпаки. Волны на море высокие и широкими плотными полосами ложатся по ветру. Гребни волн опрокидываются и рассыпаются в брызги. Ухудшается видимость
10	24,5–28,4	Сильный шторм	Ветер разрушает строения, с корнем вырывает деревья. Волны очень высокие с загибающимися вниз гребнями. Сильный грохот волн подобен ударам. Поверхность моря белая от пены, которую ветер выдувает большими хлопьями
11	28,5–32,6	Жестокий шторм	Волны на море настолько высоки, что судна среднего размера временами скрываются из вида. Края волн повсюду сдуваются в пену. На суше такой ветер наблюдается редко
<i>Примечание.</i> Резкое кратковременное усиление ветра до 20 м/с и более называется шквалом.			

Оползни. Смещения на более низкий уровень масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки называются оползнями. Главными причинами их возникновения являются подмыв склона, его переувлажнение, сейсмические толчки и хозяйственная деятельность человека.

В результате одного или нескольких из указанных факторов нарушается равновесие склона, и он приходит в скользящее движение, которое продолжается до достижения склоном нового равновесного состояния. При этом перемещаются значительные массы пород, что может привести к катастрофическим последствиям и приобрести характер стихийного бедствия.

Оползни могут разрушать отдельные объекты и подвергать опасности целые населенные пункты, выводить из оборота сельскохозяйственные угодья, создавать опасность при эксплуатации карьеров, повреждать транспортные коммуникации, трубопроводы, энергетические сети и угрожать плотинам.

Оползни образуются как на естественных склонах, так и в искусственных земляных сооружениях с крутыми откосами. На оползневых склонах различают шесть основных элементов оползней (рис. 1.3).

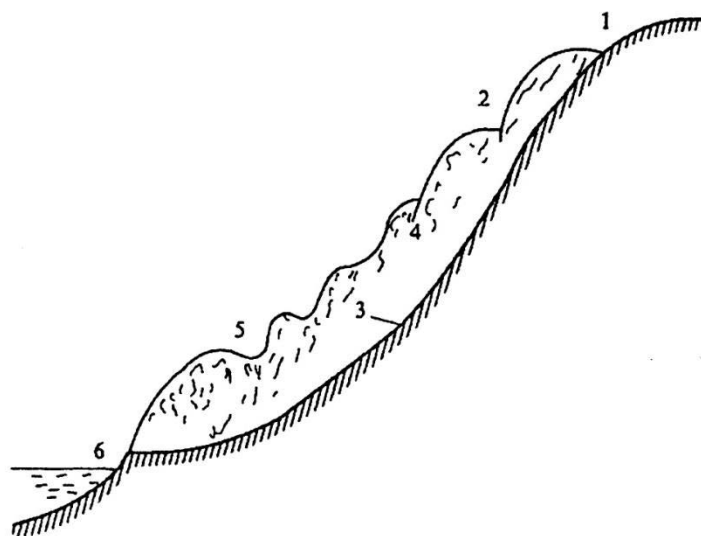


Рис. 1.3. Принципиальная схема оползневой массы:
1 – надоползневый уступ; 2 – трещины скольжения (оползневые ступеньки);
3 – плоскость скольжения; 4 – тело оползня;
5 – трещины выпучивания; 6 – нижняя граница оползня

Большую часть потенциальных оползней можно предотвратить, если своевременно и качественно осуществить комплекс мероприятий, направленных на контроль, прогнозирование и предотвращение возникновения оползневых процессов.

Карстовые явления. Они проявляются в процессе растворения, выщелачивания или механическом размывании пород грунта подземными водами, в результате чего в толще земли образуются пустоты, пещеры, вертикальные воронки и колодцы, а на поверхности земли создаются просадки и провалы. Карст образуется только при наличии в толще земли легко размываемых пород – известняков, доломитов, мела, гипса, а также некоторых рыхлых пород, как, например, лёсса.

Образующиеся вследствие карстовых явлений на поверхности земли просадки и провалы изменяют естественный рельеф, создавая неровности с колодцами и воронками. Просадки и провалы вызывают разрушение зданий, коммуникаций и инженерных сооружений. Наличие карстовых явлений, возможность

и вероятность возникновения просадок и провалов на поверхности земли, отсутствие уверенности в стабильности рельефа усложняют градостроительное использование территорий и приводят к планировочным ограничениям в жилой и промышленной застройке.

Просадки и провалы. Помимо рассмотренных карстовых явлений, на ряде территорий России и даже в некоторых городах наблюдаются просадки, а иногда провалы грунта.

Просадки представляют собой незначительные вертикальные смещения поверхности территории, возникающие в результате уплотнения грунта. При провалах вертикальные смещения грунта достигают нескольких десятков метров (до 50 м и более). Явление просадочности может быть вызвано двумя факторами: хозяйственная деятельность человека и свойства некоторых горных пород.

Провалы обычно возникают вследствие образовавшихся в земных недрах пустот, нарушивших равновесие окружающих пород (подземные выработки полезных ископаемых). Просадки и провалы в районах горных подземных выработок имеют место в Свердловской области, в Кузбассе и некоторых других районах России.

Многие города и рабочие поселки расположены на территориях с подземными выработками, осуществляемыми при добыче полезных ископаемых. В своем развитии выработки часто оказываются непосредственно под территорией города. В местах горных выработок равновесие в породах над выработками нарушается, происходит сдвиг и прогиб пластов, их обрушение и, как следствие, поверхность земли над выработками оседает, а иногда даже проваливается. Образование просадок и провалов зависит от геологических условий, глубины и размеров выработок. Так, близость к поверхности земли, большая ширина выработки и малая плотность породы в кровле способствуют быстрому образованию провалов, значительных по площади и глубине. Выработки, пройденные даже на сравнительно большой глубине, не могут считаться безопасными, хотя на поверхности земли просадки проявляются через сравнительно длительный срок.

Грозы. Они являются довольно распространенным и опасным атмосферным явлением. На всей Земле ежегодно проходит порядка 16 млн гроз и каждую секунду сверкает около 100 молний. Разряд молнии чрезвычайно опасен. Он может вызвать разрушения, пожары и гибель людей.

Установлено, что средняя продолжительность одного грозового цикла составляет примерно 30 мин, а электрический заряд каждой вспышки молнии соответствует 20–30 Кл (иногда до 80 Кл). На равнинной местности грозовой процесс включает образование молний, направленных от облаков к земле. Заряд движется вниз ступеньками длиной по 50–100 м, пока не достигнет земли. Когда до земной поверхности остается примерно 100 м, молния «нацеливается» на какой-либо возвышающийся предмет.

Своеобразным электрическим явлением является шаровая молния. Она имеет форму светящегося шара диаметром 20–30 см, движущегося по неправильной траектории и исчезающего беззвучно или со взрывом. Шаровая молния существует несколько секунд, но может вызвать разрушения и человеческие жертвы. В Подмосковье, например, ежегодно из-за грозовых разрядов в летний период происходит около 50 пожаров.

Повторяемость гроз в мае на территории России: С.-Петербург – 2; Москва – 3; Ростов-на-Дону – 4; Сочи – 2; Краснодар – 5; Волгоград – 4; Самара – 3; Екатеринбург – 3; Новосибирск – 4; Красноярск – 2; Иркутск – 1; Якутск, Мурманск – одна гроза в несколько лет. Повторяемость гроз обычно возрастает на 10–15 % в годы высокой солнечной активности.

Оценка опасности воздействия молнии основана на статистике частоты гроз с опасными молниями в данном районе и носит вероятностный характер. Такая оценка в середине 1980-х годов была проделана для Москвы по результатам наблюдений 11 метеорологических станций. Для расчетов было введено понятие «грозового сезона», в который вошли четыре месяца с мая по август – 123 дня. Число грозовых дней за сезон в Москве (за площадь Москвы был принят круг радиусом 20 км) составляет в среднем 37 дней (рис. 1.4).

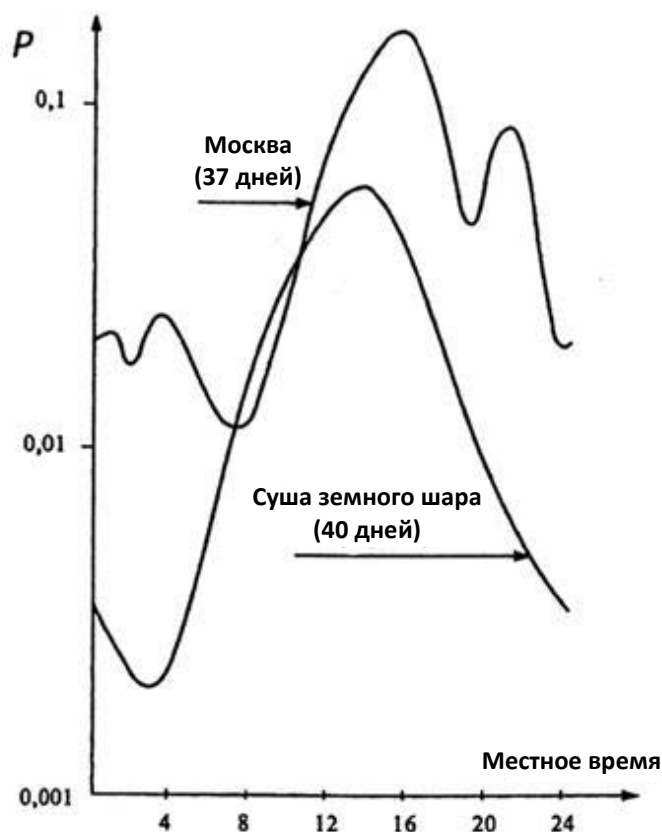


Рис. 1.4. Вероятность P гроз для Москвы и суши земного шара

Из графика на рис. 1.4 видно, что грозу следует ожидать во второй половине дня, скорее всего с 12 до 18 часов местного времени. Немного реже она бывает в 21 час и в 03 часа ночи. С 5 до 8 часов утра гроза маловероятна, но в первой половине дня ее вероятность возрастает в 10 с лишним раз. Вторая более плавная кривая для суши земного шара отражает результаты, полученные в Институте дальней связи США для всей земной суши и грозового сезона в 40 дней. Анализ и сравнение приведенного графика дают основание полагать, что наиболее вероятны грозы в период с 10 до 18 часов местного времени.

Существует два вида воздействия молнии на объекты: воздействие прямого удара молнии и воздействие вторичных проявлений молнии. Прямой удар сопровождается выделением большого количества теплоты и вызывает разрушение объектов и воспламенение паров легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), различных сгораемых материалов, а также сгораемых конструкций зданий и сооружений.

Под вторичным проявлением молнии подразумеваются явления, которые сопровождаются проявлением разности потенциалов на металлических конструкциях, трубах и проводах внутри зданий, не подвергшихся прямому удару молний. Высокие потенциалы, наведенные молнией, создают опасность искрения между конструкциями и оборудованием. При наличии взрывоопасной концентрации паров, газов или пыли сгораемых веществ это приводит к воспламенению или взрыву.

Как следует из рассмотренного выше, многие стихийные процессы и явления, возникающие в природе, часто сопровождаются их негативным взаимодействием с объектами техносферы (разрушение зданий, транспортных магистралей, взрывы и возгорания сооружений, прорыв плотин и т. п.). В этих случаях воздействие естественных опасностей на людей и окружающую среду, как правило, усиливается, и поэтому их суммарное влияние целесообразно называть естественно-техногенным, а возникшие при этом опасности – естественно-техногенными.

Виды и количество крупнейших стихийных явлений в мире с 1950 г. по 2000 г. приведены на рис. 1.5. Следует отметить устойчивую тенденцию к росту количества землетрясений в период 1998–2008 гг. (рис. 1.6).

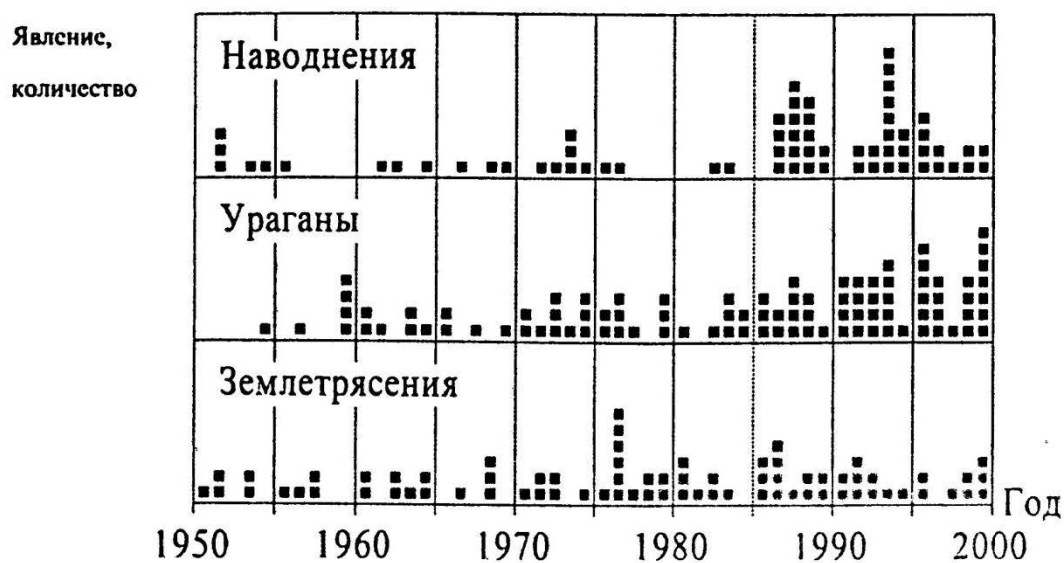


Рис. 1.5. Виды и число крупных стихийных явлений в год с 1950 г. по 2000 г.:

■ — одно событие

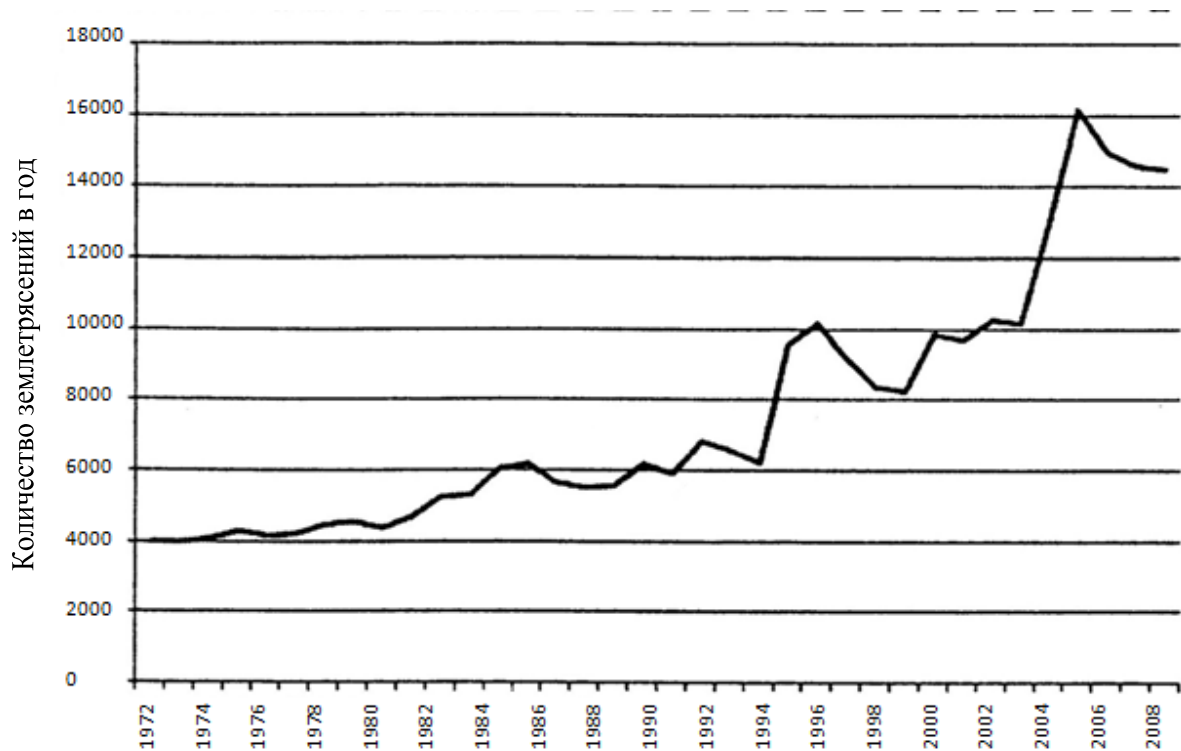


Рис. 1.6. Статистика по землетрясениям с 1980 г. по 2008 г. с магнитудой 4,0–9,9 баллов

Несмотря на то, что начиная с 1955 г. общее количество тропических ураганов уменьшается, их мощность систематически увеличивается. Так, в период с 1975 г. по 1989 г. по всей Земле отмечен 171 ураган максимальной мощности, в то время как в период с 1990 г. по 2004 г. их количество увеличилось до 269.

1.2. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности

К антропогенным опасностям относят неправильные или несанкционированные действия людей (групп лиц).

Как уже было сказано выше, негативные воздействия собственно человека на природу и себе подобных ограничены его низкими энергетическими возможностями. Однако влияние человека на окружающий мир может многократно возрасти, если человек взаимодействует с техническими системами или современными технологиями. В этом случае опасности следует называть антропогенно-техногенными.

Взаимосвязь человека с технической системой может быть описана через информационную модель, которая объединяет сенсорное и сенсомоторное поля. К сенсорному (чувствительному) полю информационной модели относят ком-

плекс сигналов, которые воспринимаются человеком непосредственно от системы (шум, вибрация, ЭМП и т. д.) и из ряда сигнальных показаний приборов, индикаторов и т. п. К сенсомоторному полю относят комплекс сигналов от органов управления – рычагов, ручек, кнопок и т. д.

Существует условное разделение совместимости человека и технической системы по видам.

1. Биофизическая совместимость человека и системы состоит в достижении разумного компромисса между физиологическим состоянием и работоспособностью человека с одной стороны и различными факторами, характеризующими систему с учетом объема, качества выполняемых им задач и продолжительности работы, с другой. Здесь должны быть обоснованы и выбраны номинальные и предельные значения отдельных воздействий на организм человека в целях обеспечения минимальной опасности и максимально возможной производительности.

2. Энергетическая совместимость предусматривает создание органов управления системы и выбор оператора так, чтобы они гармонировали в отношении затрачиваемой мощности, скорости, точности, оптимальной загрузки конечностей оператора.

3. Пространственно-антропометрическая совместимость человека и системы состоит в учете антропометрических характеристик и некоторых физиологических особенностей человека при создании рабочего места.

4. Техничко-эстетическая совместимость состоит в творческой и эстетической удовлетворенности человека от процесса труда как совокупности физических и интеллектуальных сил с элементами творческой целенаправленности.

5. Информационная совместимость означает соответствие возможностям человека по приему и переработке потока закодированной информации и эффективному положению управляющих воздействий в системе.

Реакция человека на любое внешнее воздействие (раздражение) и превращение ее в защитное действие хорошо прослеживаются на схеме рефлекторной дуги (рис. 1.7). Согласно этой схеме, энергия раздражителя поступает на рецепторы человека и далее по нервным волокнам в виде нервных импульсов

передается в ЦНС. В коре головного мозга – высшем органе ЦНС – информация анализируется и по нервным волокнам передается к исполнительным органам человека для компенсации внешнего воздействия. Результат компенсационного действия передается по обратной связи на рецептор.

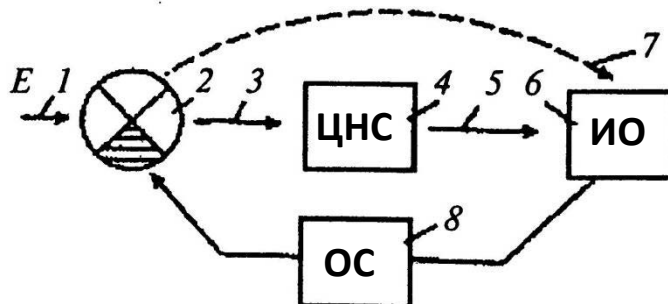


Рис. 1.7. Схема рефлекторной дуги: 1 – энергия раздражителя E (сигнал, информация); 2 – рецептор; 3 – нервные волокна; 4 – центральная нервная система (ЦНС); 5 – нервные волокна; 6 – исполнительный орган (ИО); 7 – путь безусловного рефлекса; 8 – обратная связь (ОС)

Датчиками системы восприятия внешних воздействий являются структурные нервные образования, называемые рецепторами. Они представляют собой окончания чувствительных нервных волокон, способные возбуждаться при действии раздражителя. Часть из них воспринимают изменения в окружающей среде, а часть – во внутренней среде организма. Согласно классификации рецепторов, по характеру ощущений различают зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные рецепторы, рецепторы боли, положения тела в пространстве.

При длительном воздействии раздражителя происходит адаптация рецептора и его чувствительность снижается; однако, когда действие раздражителя прекращается, чувствительность рецептора растет снова. Для адаптации рецепторов нет одного общего закона. Различают быстро адаптирующиеся (например, барорецепторы) и медленно адаптирующиеся рецепторы (фоторецепторы).

Полученная рецепторами информация, закодированная в нервных импульсах, передается по нервным путям в центральные отделы и используется для координирующей работы исполнительных органов. Иногда поступающая информация непосредственно переключается на исполнительные органы. Такой принцип переработки информации заложен в основу многих безусловных рефлексов (врожденных, наследственно передающихся). Например,

сокращение мышц конечностей, раздражаемых электрическим током, теплотой или химическими веществами, вызывает реакцию удаления конечности от раздражителя. При длительном воздействии раздражителя на основе приобретенного опыта формируются условные рефлексy.

Человек обладает рядом специализированных периферийных образований – органов чувств, обеспечивающих восприятие действующих на организм внешних раздражителей (из окружающей среды). К ним относят органы слуха, зрения, обоняния, вкуса, осязания. Не следует смешивать понятия «орган чувств» и «рецептор», например глаз – орган зрения, а сетчатка – фоторецептор, один из компонентов органа зрения. Помимо сетчатки в состав органа зрения входят преломляющие среды глаза, различные его оболочки, мышечный аппарат.

Понятие «орган чувств» в значительной мере условно, так как сам по себе он не может обеспечить ощущение. Для возникновения субъективного ощущения необходимо, чтобы возбуждение возникло на рецепторах и поступило в центральную нервную систему.

С помощью органов чувств человек получает обширную информацию об окружающем мире. Количество информации принято измерять в двоичных знаках – битах. В табл. 1.3 приведены максимальные скорости передачи информации, принимаемой человеком с помощью различных органов чувств и их рецепторов для передачи к коре больших полушарий.

Таблица 1.3

Характеристика органов чувств по скорости передачи информации

Воспринимаемый сигнал	Характеристика	Максимальная скорость, бит/с
Зрительный	Длина линии	3,25
	Цвет	3,5
	Яркость	3,3
Слуховой	Громкость	2,3
	Высота тона	2,5
Вкусовой	Соленость	1,3
Обонятельный	Интенсивность	1,53
Тактильный	Интенсивность	2,0
	Продолжительность	2,3
	Расположение на теле	2,8

Нервная система человека подразделяется на центральную нервную систему, включающую головной и спинной мозг, и периферическую (ПНС), которую составляют нервные волокна и узлы, лежащие вне ЦНС. Нервная система функционирует по принципу рефлекса. Рефлексом называют любую ответную реакцию организма на раздражение из окружающей или внутренней среды, осуществляющуюся с участием ЦНС.

Защитные функции организма, преимущественно двигательные, реализуются через мозг и его память. И только когда там не найдено адекватной программы реакции на сигнал, подключается сознание, прежде всего проявляя стереотипность мышления.

Человек обладает долговременной и кратковременной (оперативной) памятью. Объем долговременной памяти составляет 10^{21} бит, а кратковременная память имеет малую емкость – 50 бит. Поскольку воспоминание, т. е. обращение в долговременную и кратковременную память, подвергается воздействию большого числа внешних факторов, то результат его носит во многом случайный характер. Хранение представлений в памяти тоже может видоизменяться вследствие стирания отдельных элементов информации или возникновения новых, отсутствующих в оригинале.

Процесс сознательного поиска решения очень медленный и для обычной жизни малопригодный. В экстремальных быстроразвивающихся ситуациях вероятность того, что человек найдет нужное решение в процессе мышления, очень мала. Основной путь подготовки человека к действиям в конкретных защитных ситуациях состоит в постоянном обучении и тренировке в целях перевода действий на уровень стереотипов.

Стереотип – это устойчиво сформировавшаяся в прежнем осознанном опыте рефлекторная дуга, выводимая в пограничную зону «сознание – подсознание». Чем чаще идут одинаковые импульсы, тем прочнее становится система их передачи от рецептора к исполнительному органу. При этом вероятность определения двигательной реакции на определенное раздражение

нарастает. Однако эта вероятность никогда не сможет достичь единицы в силу существования опасности искажения сигнала в проводящей системе. Следовательно, процесс принятия решения является многовариантным, в том числе и содержащим ошибки.

Любая деятельность человека несет в себе потенциальную опасность, так как вероятность неправильного решения всегда существует. Это обусловлено объективно существующими трудностями вспоминания и выстраивания многовариантных процессов передачи сигналов по рефлекторной дуге. Если в прошлом такого опыта вообще не было, то решения принимаются методом проб и ошибок. Свобода выбора решений таит в себе потенциальную опасность от вмешательства человека в любой процесс. Отсюда следует аксиома о потенциальной опасности деятельности человека: «Реакция человека на внешние раздражения может быть ошибочной и сопровождаться антропогенно-техногенными опасностями».

Серьезную угрозу возникновения антропогенно-техногенных опасностей представляет также внезапное или преднамеренное (из-за применения алкоголя, наркотиков или других токсикантов) нарушение трудоспособности и здоровья работающих и, прежде всего, операторов технических систем. В последние годы эти угрозы значительно возросли. В России, по данным официальной статистики на 2009 год, число наркоманов оценивается в 503000 человек, состоящих на диспансерном учете. Но это только те люди, которые официально зарегистрированы и находятся под наблюдением в наркологических диспансерах. А по экспертным оценкам, в наркологические учреждения обращается только каждый десятый наркоман. Так что реальная их численность на сегодняшний день – более 5 млн россиян.

Серьезную опасность для человека представляет потребление алкоголя. По данным НИИ Минздравсоцразвития России, количество проданного в 2008 г. спиртного составляет 18 л чистого алкоголя на душу населения. А между тем, если этот показатель превышает 8 л, начинается угасание этноса.

В настоящее время РФ занимает первое место в мире по потреблению алкоголя. Для сравнения – потребление в 2008 г. на душу населения в других странах значительно меньше, а именно: Китай – 5 л на 1 чел./год, Турция – 1,5 л на 1 чел./год. Ранее в России производство алкоголя составляло на 1 человека в год: в 1950 г. 4,1 л, в 1965 г. – 8,0 л, в 1980 г. – 10,1 л.

В 55–60 % случаев россияне пьют крепкие алкогольные напитки (водка, коньяк и т. п.), в 32–35 % – пиво и лишь в 7–8 % – различные вина. Больше всего в стране алкоголем (обычно пивом) злоупотребляют подростки. Из каждых 100 тыс. населения алкоголизмом больны уже 22 человека, а 827 подростков регулярно принимают спиртное без проявления признаков алкогольной зависимости.

Распространенность самоубийств на 12 % зависит от хронического алкоголизма. Алкоголь обнаруживается не менее чем у 30 % самоубийц. Более 30 % дорожно-транспортных происшествий (ДТП) приходится на долю пьяных водителей.

Апогеем антропогенно-техногенных опасностей являются опасности, возникающие в результате сознательных действий человека (терроризм, военные конфликты, сознательное нарушение правил поведения и т. п.). Происхождение таких опасностей во многом носит целевой характер и всегда связано с планируемой деятельностью отдельных личностей или группировок, а уровень опасностей, как правило, является крайне высоким. Эта группа опасностей в учебном пособии не анализируется вследствие отличий в их происхождении и смены акцентов на противоположные в системе *источник опасности – объект защиты*. В обыденной жизни влияние источника опасности всегда нужно уменьшать, а в рассматриваемом случае – всегда усиливать (оружие, бомбы и т. п.); объекты защиты в обычной жизни всегда оберегают, а в рассматриваемом случае – уничтожают.

1.3. Техногенные опасности

Техногенные опасности – самый распространенный вид опасностей в современном мире. При анализе их целесообразно классифицировать:

- по времени действия – на постоянно (периодически) и спонтанно (чрезвычайно) действующие;
- по размерам сфер влияния – на местные или локальные (человек, группа людей), региональные и глобальные.

1.3.1. Постоянные локально действующие опасности

Постоянные локально действующие опасности, как правило, возникают от избыточных материальных или энергетических потоков (выбросы вредных веществ, шумы, вибрации, ЭМП и т. п. на рабочих местах, в зоне эксплуатации средств транспорта и связи, других объектов экономики). Их влияние характеризуется длительным, а иногда и сочетанным действием различных факторов.

Вредные вещества

К вредным относят вещества и соединения (далее – вещество), которые при контакте с организмом человека могут вызывать заболевания как в процессе контакта, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений. Опасность вещества – это возможность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства или иного применения химических соединений.

Химические вредные вещества (органические, неорганические, элементо-органические) в зависимости от их практического использования подразделяются на следующие виды:

- промышленные яды, используемые в производстве, например органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);
- ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве, например пестициды;

— бытовые химикаты, используемые в виде средств санитарии, личной гигиены;

— биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах, у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);

— отравляющие вещества (ОВ), например зарин, иприт, фосген.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества подразделяют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (например, кровью). Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также от метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды. Общая токсикологическая классификация вредных веществ приведена в табл. 1.4.

Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными изменениями или гибелью организма.

Летальные дозы DL при введении в желудок или в организм другими путями и смертельные концентрации CL могут вызывать единичные случаи гибели (минимальные смертельные) или гибель всех организмов. В качестве показателей токсичности пользуются среднесмертельными дозами и концентрациями: DL_{50} , CL_{50} — это показатели абсолютной токсичности. Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе CL_{50} — это концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % подопытных животных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии ($мг/м^3$); среднесмертельная доза при введении в желудок ($мг/кг$) обозначается как $DL_{50}^ж$, среднесмертельная доза при нанесении на кожу ($мг/кг$) — $DL_{50}^к$.

Токсикологическая классификация вредных веществ

Токсичные вещества	Общее токсикологическое действие
Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, никотин, ОВ и др.)	Нервно-паралитическое действие (бронхоспазм, удушье, судороги и параличи)
Дихлорэтан, гексахлоран, уксусная эссенция, мышьяк и его соединения, ртуть (сулема)	Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения с общетоксическими резорбтивными явлениями)
Синильная кислота и ее производные, угарный газ, алкоголь и его суррогаты	Общетоксическое действие (гипоксические судороги, кома, отек мозга, параличи)
ОВ, оксиды азота	Удушающее действие (токсический отек легких)
Пары крепких кислот и щелочей, хлорпиктин, ОВ	Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек)
Наркотики	Психотическое действие (нарушение психической активности, сознания)

Отравления (интоксикации) протекают в острой, подострой и хронической формах.

Острой называется интоксикация, развивающаяся в результате однократного или повторного действия веществ в течение ограниченного периода времени (как правило, до нескольких суток).

Подострой называется интоксикация, развивающаяся в результате непрерывного или прерываемого во времени (интермитирующего) действия токсиканта продолжительностью до 90 суток.

Хронической называется интоксикация, развивающаяся в результате продолжительного (иногда годы) действия токсиканта.

Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда. Они характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ не более чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах – при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов. Например, чрезвычайно быстрое отравление может наступить при воздействии

паров сероводорода высоких концентраций и закончиться гибелью от паралича дыхательного центра. Оксиды азота вследствие общетоксического действия могут вызвать развитие комы, судороги, резкое падение артериального давления.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Также отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме. Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций. К ядам, вызывающим хронические отравления, относятся хлорированные углеводороды, бензол, бензины и др.

Опасность воздействия вредного вещества наступает при превышении его предельно допустимой концентрации – ПДК (дозы) ($C > \text{ПДК}$) во вдыхаемом воздухе (попадание в желудок).

ПДК – это *максимальная концентрация вредного вещества, которая за определенное время воздействия не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом.*

Порог вредного действия (однократного острого Lim_{ac} или хронического Lim_{ch}) – это минимальная (пороговая) концентрация (доза) вещества, при действии которой в организме возникают изменения биологических показателей на организменном уровне, выходящие за пределы приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

На рис. 1.8 показана зависимость вида вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии.

О реальной опасности острого отравления можно судить по отношению CL_{50}/Lim_{ac} : чем меньше это отношение, тем выше опасность острого отравления.

Показателем реальной опасности развития хронической интоксикации является отношение пороговой концентрации (дозы) при однократном воздействии Lim_{ac} к пороговой концентрации (дозе) при хроническом воздействии: $\text{Lim}_{ac}/\text{Lim}_{ch}$. Чем больше отношение $\text{Lim}_{ac}/\text{Lim}_{ch}$, тем выше опасность.

Классификация вредных веществ по степени опасности приведена в табл. 1.5.

Большинство случаев заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол непосредственно в кровь и разносятся по всему организму. Развитие общетоксического действия аэрозолей в значительной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами до 5 мкм (так называемая респирабельная фракция) проникает в глубокие дыхательные пути, в альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает интоксикацию.

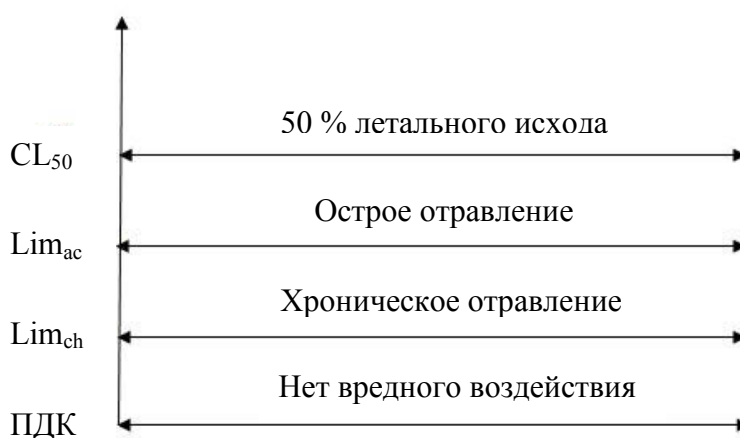


Рис. 1.8. Зависимость вида вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии

Таблица 1.5

Классификация вредных веществ

Показатель	Класс опасности			
	1-й	2-й	3-й	4-й
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10	Более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация CL ₅₀ в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50 000

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи и курении без предварительного мытья рук. Ядовитые вещества могут всасываться уже из полости рта, поступая

сразу в кровь. К таким веществам относятся все жирорастворимые соединения, фенолы, цианиды. Кислая среда желудка или слабощелочная среда кишечника могут способствовать усилению токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда (ртути, меди, цезия, урана) в желудок может быть причиной поражения его слизистой оболочки.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через поврежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе.

Для гигиенической оценки изолированного действия вредного вещества на человека обычно используется соотношение $C < \text{ПДК}$.

На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ. Обычно работающий на производстве подвергается комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще – ряду химических веществ. Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают три возможных эффекта комбинированного воздействия.

1. Суммация (аддитивность) – явление суммирования эффектов, индуцированных комбинированным действием. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводов (бензола и изопропилбензола).

Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия ядов используют формулу

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n – предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м³.

2. **Потенцированное действие (синергизм)**, при котором компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше аддитивного, и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях. Потенцирование отмечается при совместном действии диоксида серы и хлора. Алкоголь повышает опасность отравления анилином, ртутью и некоторыми другими промышленными ядами. Явление потенцирования обычно проявляется в случае острого отравления.

3. **Антагонистическое действие** наблюдается, когда эффект комбинированного действия вещества менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект – менее аддитивного. Примером может служить обезвреживающее взаимодействие между эзерином и атропином.

При потенцированном и антагонистическом действии оценку суммарного эффекта можно проводить с учетом коэффициента комбинированного действия X_i по формуле

$$\sum_{i=1}^n \frac{c_i X_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где X_i – поправка, учитывающая эффект; $X_i > 1$ при потенцировании; $X_i < 1$ – при антагонизме; 1, 2, ..., n – номер вещества.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т. д.).

На производстве возможно также сочетанное действие на работающих вредных факторов разной природы (физических, химических). Например, вредных веществ и избыточной теплоты или повышенной влажности.

Зоны воздействия вредных веществ различны. В производственных и бытовых условиях они, как правило, ограничены размерами помещения (цех, участок) или контурами рабочего места. В условиях поступления вредных веществ на производственные площадки, территории селитебных, городских и природных зон их влияние определяется параметрами процесса рассеивания веществ

в атмосферном воздухе с учетом реальной территориальной обстановки, изменения мощности выбросов веществ по времени и т. п. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе приведен в Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86).

Вибрации

Вибрации – малые механические колебания, возникающие в упругих телах. В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

Общую вибрацию рассматривают в частотном диапазоне со среднегеометрическими частотами 1–63 Гц, а локальную – 8–1000 Гц. По направлению действия общую вибрацию подразделяют на **вертикальную**, направленную перпендикулярно опорной поверхности, и **горизонтальную**, действующую в плоскости, параллельной опорной поверхности.

Вибрация оказывает на организм человека разноплановое действие в зависимости от спектра, направления, места приложения и продолжительности воздействия вибрации, а также от индивидуальных особенностей человека. Например, вибрация с частотами ниже 1 Гц вызывает укачивание (морскую болезнь), а слабая гармоническая вибрация с частотой 1–2 Гц вызывает сонливое состояние. Частоты вибрации и соответствующие вредные действия на человека представлены в табл. 1.6.

На рис. 1.9 приведена модель тела человека, состоящая из масс, пружин и демпферов. В такой модели отдельные части тела характеризуются собственными частотами колебаний. При совпадении частоты возбуждения системы с ее собственной частотой возникает явление резонанса, при котором амплитуда

колебаний резко возрастает. Так, резонанс органов брюшной полости наблюдается при частотах 4–8 Гц, голова оказывается в резонансе на частоте 25 Гц, а глазные яблоки – на частоте 50 Гц.

Таблица 1.6

Симптомы и частотные диапазоны вредного воздействия вибрации на человека

Симптомы действия вибрации	Частота, Гц					
	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4
Укачивание						
Резонансные колебания тела						
Затрудненное дыхание						
Влияние на зрение						
Влияние на сердечно-сосудистую систему						
Ухудшение координации рук и опоры на ступни						
Ухудшение качества работы человека – оператора						
Нагревание тканей, разрушение клеток						

Во входящих в резонанс органах нередко появляются болезненные ощущения, связанные, в частности, с растягиванием соединительных образований, поддерживающих вибрирующий орган.

Воздействие вибрации на человека имеет негативные последствия, что послужило основанием для выделения вибрационной болезни в качестве самостоятельного заболевания. Симптомы вибрационной болезни многогранны и проявляются в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

Колебания сидящего человека на частотах 8–10 Гц являются причиной широкого распространения заболеваний позвоночника. Так, у водителей-профессионалов автомобилей, трактористов, пилотов самолетов грыжи межпозвоночных дисков встречаются в несколько раз чаще, чем у лиц сидячих профессий, не подвергающихся вибрации.

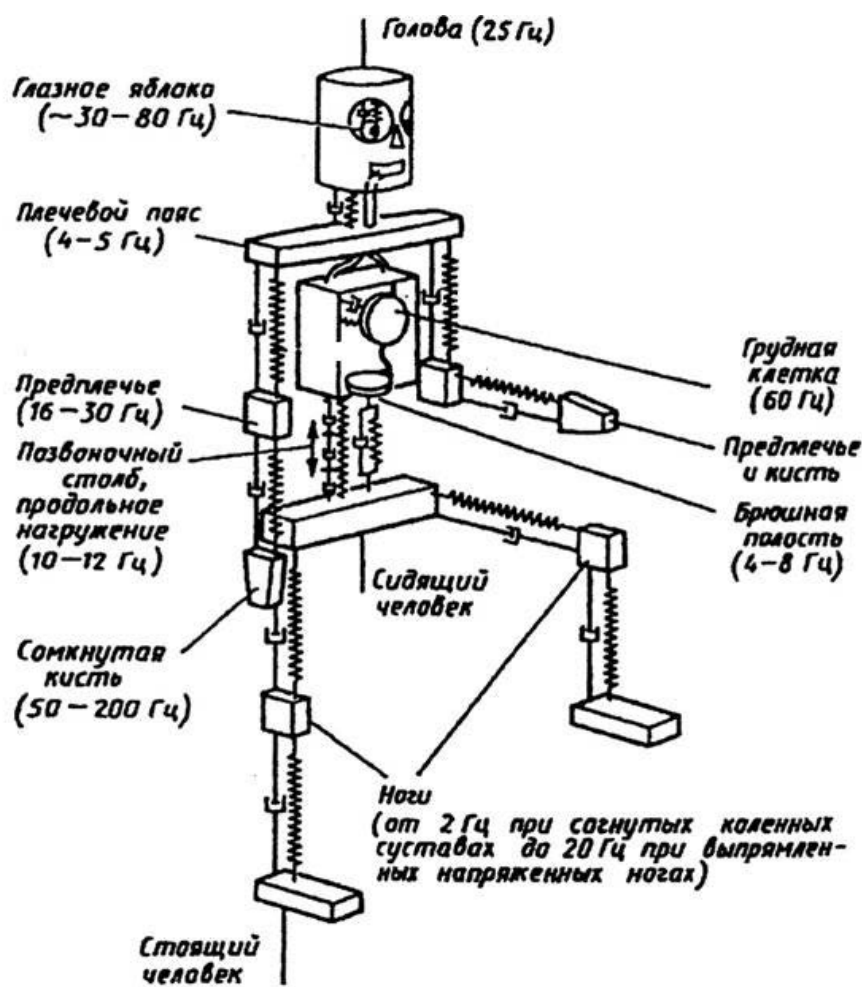


Рис. 1.9. Модель тела человека и резонансы отдельных его частей

При работе с ручными машинами на тело человека через руки передается локальная вибрация. Локальная вибрация может вызывать в организме человека эффекты общего характера типа головной боли, тошноты и т. д., но главное — она воздействует на процесс кровообращения и на нервные окончания в пальцах рук. Это, в свою очередь, вызывает побеление пальцев, потерю их чувствительности, онемение, ощущение покалывания. Данные явления усиливаются на холоде, но на первых порах относительно быстро проходят. При длительном воздействии вибрации патология может стать необратимой и привести к необходимости смены профессии. В особо запущенных случаях может иметь место даже гангрена.

Сроки появления симптомов вибрационной болезни зависят от уровня и времени воздействия вибрации в течение рабочего дня. Так, у формовщиков, бурильщиков, рихтовщиков заболевание начинает развиваться через 8–12 лет работы.

Воздействие ручных машин на человека зависит от многих факторов: типа машины (ударные машины более опасны, чем машины вращательного типа), твердости обрабатываемого материала, направления вибрации, силы обхвата инструмента. Вредное воздействие вибрации усугубляется при мышечной нагрузке, неблагоприятных условиях микроклимата (пониженная температура и повышенная влажность).

С проблемой вибрации сталкиваются и в быту, когда, например, жилой дом располагается у железной дороги, автострады или когда в его подвальных помещениях размещается какое-либо технологическое оборудование.

Механизм, с помощью которого движущийся поезд (рис. 1.10) возбуждает вибрации грунта, основан на возникновении динамических сил между колесом и рельсом из-за неровностей на поверхностях качения. В интервале эксплуатационной скорости движения поездов от 30 до 110 км/ч спектр вибрации, передаваемой грунту, сосредоточен в частотном диапазоне 10–250 Гц.

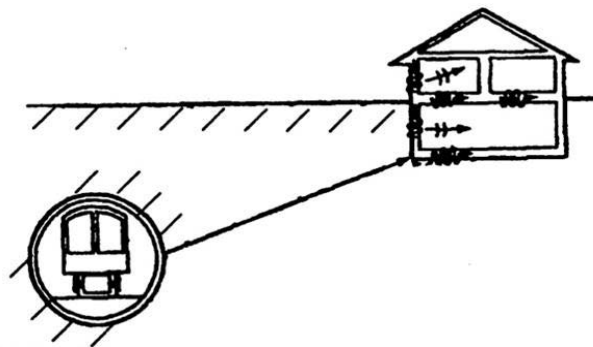


Рис. 1.10. Распределение вибраций от поезда метрополитена по грунту

Вибрирующую систему можно охарактеризовать следующими параметрами: x – вибросмещение, т.е. наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия; v – виброскорость (dx/dt); a – виброускорение (dv/dt); T – период колебаний; f – частота колебаний.

Смещение точки относительно положения равновесия (x) в любой момент времени для гармонического колебания можно записать в виде

$$x = A \sin(\omega \tau + \varphi),$$

где ω – угловая частота колебаний; τ – время; φ – начальная фаза.

Тогда виброскорость (v) и виброускорение (a) – важнейшие параметры, характеризующие вибрацию, соответственно будут иметь следующий вид:

$$v = dx / dt = A\omega \cos (\omega \tau + \varphi) ,$$

$$a = dv / dt = - A\omega^2 \sin (\omega \tau + \varphi) .$$

Из этих выражений следует, что максимальные значения скорости и ускорения колебательного движения (вибрации) соответственно примут вид

$$v_{\max} = 2\pi f A; \quad a_{\max} = 2\pi f v_{\max} .$$

Если вибрации имеют несинусоидальный характер, то их можно представить в виде суммы синусоидальных (гармонических) составляющих с помощью разложения в ряд Фурье.

При анализе вибрации обычно рассматривают не амплитудные, а средние квадратические значения w , определяемые осреднением по времени колеблющейся величины $w(t)$ на отрезке T :

$$w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T w^2(t) dt} .$$

Поскольку значения параметров вибрации могут изменяться в широких пределах, то на практике часто используются логарифмические уровни вибрации. Логарифмическая единица называется бел (Б), а ее десятая часть – децибел (дБ). При этом логарифмический уровень виброскорости (виброускорения) (дБ) определяется по формулам

$$L_w = 10 \lg (w^2/w_0^2) = 20 \lg w/w_0 ,$$

$$L_a = 10 \lg (a^2/a_0^2) = 20 \lg a/a_0 ,$$

где w_0 – пороговое значение виброскорости, $w_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с; a_0 – пороговое значение виброускорения, равное $a_0 = 10^{-6}$ м/с² при $f = 1000$ Гц.

При анализе вибрации с широким спектром целесообразно разбить ось частот на отрезки (полосы частот) и вычислять уровни вибраций для каждой такой полосы. С этой целью используются специальные фильтры, полоса пропускания которых определяется граничными частотами нижней f_n и верхней f_b . Как правило, это октавные фильтры, для которых отношение $f_b/f_n = 2$, или третьоктавные фильтры с полосой в три раза более узкой.

Частотная полоса характеризуется среднегеометрической частотой $f_{сг}$, которая определяется по формуле

$$f_{сг} = \sqrt{f_n f_g}.$$

Для октавных полос получены следующие значения среднегеометрических частот: $f_{сг} = 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000$ Гц. Верхние и нижние частоты октавных полос определяются следующими соотношениями:

$$f_n = f_{сг} / \sqrt{2} \quad \text{и} \quad f_g = \sqrt{2} f_{сг}.$$

Акустический шум

Механические колебания создают слуховое восприятие, когда их частота лежит в области 16–20000 Гц.

Под *звуковым давлением* понимают разность между мгновенным значением давления в данной точке пространства, где распространяется звук, и средним значением давления в невозмущенной среде. Органом слуха воспринимается среднеквадратичная величина звукового давления $\overline{P^2}$ за период осреднения $T = 30\text{--}100$ мс.

При распространении звука происходит перенос энергии. Энергетической характеристикой звука является интенсивность (мощность звука) в любой точке – поток энергии, приходящейся на единичную площадку в направлении, нормальном распространению звуковой волны [Вт/м²].

Интенсивность звука связана со звуковым давлением следующим соотношением:

$$J = \frac{\overline{P^2}}{\rho c},$$

где J – интенсивность звука, Вт/м²;

$\overline{P^2}$ – среднеквадратичное звуковое давление;

ρ – плотность среды, в которой распространяется звук;

c – скорость звука в этой среде.

Слуховое восприятие изображается на диаграмме нанесением величин звукового давления, при которых на каждой частоте возникает ощущение звука, и обозначается как *кривая порога слышимости* (рис. 1.11).

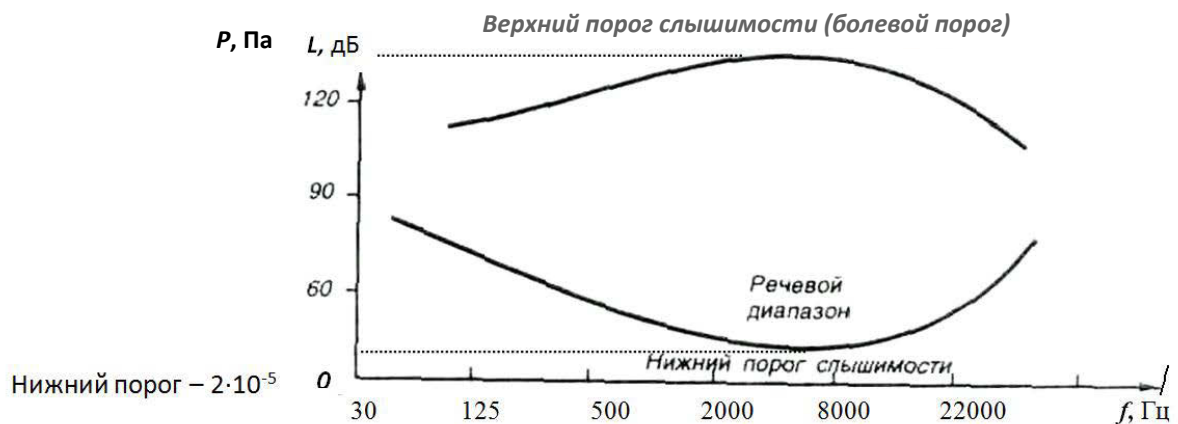


Рис. 1.11. Диаграмма области слухового восприятия

Одна из важных особенностей слуховой сенсорной системы, имеющая прямое отношение к безопасности, – ее способность распознавать местонахождение источника звука без поворота головы. Это явление называется бинауральным эффектом. Физическая основа такой способности в том, что, распространяясь с конечной скоростью, звук достигает более удаленного уха позже и с меньшей силой; слуховая система способна выявить эту разницу уже на уровне 1 дБ, а запаздывание – на уровне 0,6 мс. Бинауральный слух имеет и иную, более важную для ориентации в пространстве, функцию: он помогает анализировать акустическую информацию в присутствии посторонних шумов. «Межушные» различия в интенсивности и направленности поступления сигналов используются центральной нервной системой для подавления фонового шума и выделения полезных звуков (например, позволяют сосредоточиться на нужном разговоре на многолюдном собрании).

Воздействия шума на человека можно условно подразделить:

- на **специфические (слуховые)** – воздействие на слуховой анализатор, которое выражается в слуховом утомлении, кратковременной или постоянной потере слуха, ухудшении четкости речи и восприятия акустических сигналов;
- **системные (внеслуховые)** – воздействие на отдельные системы и организм в целом (на заболеваемость, сон, психику). Под влиянием шума у людей изме-

няются показатели переработки информации, снижается темп и ухудшается качество выполняемой работы.

Частотный диапазон слышимых человеком звуков – 16–20000 Гц. Звук с частотой ниже 16 Гц называют **инфразвуком**, выше 20000 Гц – **ультразвуком** (до 10^9 Гц), в диапазоне 10^9 – 10^{13} Гц – **гиперзвуком**.

Поскольку органы слуха человека обладают неодинаковой чувствительностью к звуковым колебаниям различной частоты, при гигиенической оценке шума весь частотный диапазон 16–20000 Гц разбивают на октавные полосы (октавы).

Октава – полоса частот с границами f_1 – f_2 , где $f_2/f_1 = 2$.

Среднегеометрическая частота – $f_{с.г} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$.

Согласно ГОСТ 12.1.003–83* ССБТ «Шум. Общие требования безопасности», весь частотный диапазон слышимых звуков разбит на 9 октавных полос: 22,5–45; 45–90; 90–180; от 180–360 до 5600–11200 Гц со среднегеометрическими частотами соответственно: 31,5; 63; 125; 250–8000 Гц.

Спектр шума – распределение уровней звукового давления по октавным полосам. Спектр представляется либо в виде таблицы, либо в виде графика.

При оценке шума используют логарифмический показатель, который называется уровнем интенсивности:

$$L_J = \lg \frac{J}{J_0},$$

причем размерность этой величины «бел» названа по имени изобретателя телефона А. Белла (1847–1922). Получила распространение более мелкая единица измерения: одна десятая часть бела – децибел (1 дБ = 0,1 Б), при этом выражение для уровня интенсивности примет вид

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0},$$

где L_J – уровень интенсивности звука, дБ;

J – интенсивность в точке измерения, Вт/м²;

J_0 – интенсивность, соответствующая порогу слышимости, $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

При гигиенической оценке и нормировании шума используется показатель – уровень звукового давления:

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ;

P – звуковое давление в точке измерения, Па;

P_0 – пороговое значение, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Значения L_j и L_p численно совпадают при нормальных физических условиях.

В производственном помещении обычно бывает несколько источников шума. Суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников звука определяется по формуле, дБ,

$$L = 10 \lg [10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + \dots + 10^{(L_n/10)}],$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровни звукового давления, создаваемые каждым из источников звука в исследуемой точке пространства, дБ.

Суммарный уровень шума от одинаковых по своему уровню источников определяется по формуле

$$L_\Sigma = L_i + 10 \lg n,$$

где L_i – уровень звукового давления одного источника, дБ;

n – количество источников шума.

Например, два одинаковых источника совместно создадут уровень на 3 дБ больше, чем каждый источник.

Суммарный уровень шума от двух различных по своему уровню источников можно определить по формуле

$$L_\Sigma = L_{\max} + \Delta L,$$

где L_{\max} – максимальный уровень звукового давления одного из двух источников;

ΔL – поправка, зависящая от разности между максимальным и минимальным уровнем звукового давления в соответствии с табл. 1.7.

Таблица 1.7

Значение поправки ΔL при сложении уровней шума

Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Добавка ΔL , прибавляемая к большему из уровней L_1 , дБ	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,4

Пользуясь табл. 1.7, можно определить суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников звука, складывая их попарно последовательно следующим образом. По разности двух уровней L_1 и L_2 определяют добавку ΔL , которую прибавляют к большему уровню L_1 , в результате чего получают уровень $L_{1,2} = L_1 + \Delta L$. Уровень $L_{1,2}$ суммируется таким же образом с уровнем L_3 , и получают уровень $L_{1,2,3}$ и т.д. Окончательный результат $L_{\text{сум}}$ округляют до целого числа децибел.

Метод расчета применим в тех случаях, когда имеются данные об уровнях и продолжительности воздействия шума на рабочем месте, в рабочей зоне или различных помещениях. Эквивалентный уровень звука рассчитывается с использованием поправок на время действия каждого уровня звука, определяемых по табл. 1.8.

Расчет производится следующим образом. К каждому измеренному уровню звука добавляется (с учетом знака) поправка по табл. 1.7, соответствующая его времени действия (в часах или процентах от общего времени действия). Затем полученные уровни звука складываются, как описано выше.

Таблица 1.8

Значение поправок на время действия шума

Время	час	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
	%	100	88	75	62	50	38	25	12	6	3	1
Поправка, дБ		0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-20

Пример расчета

Уровни шума за 8-часовую рабочую смену составляли 80, 86 и 94 дБА в течение 5, 2 и 1 часа соответственно. Этим временам соответствуют поправки

по табл. 1.8, равные -2 , -6 , -9 дБ. Складывая их с уровнями шума, получаем 78, 80, 85 дБА. Теперь, используя табл. 1.7, складываем эти уровни попарно: $L_{1,2} = L_2 + \Delta L = 80 + 2,2 = 82$ дБА; $L_{1,2,3} = L_3 + \Delta L = 85 + 1,8 = 86,8$ дБА. Округляя, получаем окончательное значение эквивалентного уровня шума 87 дБА. Таким образом, воздействие этих шумов равносильно действию шума с постоянным уровнем 87 дБА в течение 8 часов.

Ультразвук и инфразвук

Ультразвуком называются механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний предел слышимости, $- 20$ кГц.

Ультразвук, так же как и шум, можно характеризовать уровнем звукового давления (дБ) или интенсивностью (Вт/м^2).

Ультразвук обладает в основном локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, где возбуждаются ультразвуковые колебания (контактный ультразвук).

Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем (воздушный ультразвук), вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов.

Основу профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на работающих составляет гигиеническое нормирование.

Нормативные документы:

- ГОСТ 12.1.01–89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности»;
- СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Этими нормативными документами ограничиваются уровни возможного звукового давления в высокочастотной области слышимых звуков и ультразвуков на рабочих местах (80–110 дБ при среднегеометрических частотах третьоктавных полос 12,5–100 кГц).

Инфразвук – неслышимая человеком область колебаний. Обычно верхней границей инфразвуковой области считают 16–25 Гц. Нижняя граница инфразвука не определена.

Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, совершающие низкочастотные механические колебания (инфразвук механического происхождения), или турбулентные потоки газов и жидкостей (инфразвук аэродинамического или гидродинамического происхождения).

Исследования биологического действия инфразвука на организм показали, что при уровне 110–150 дБ и более он может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе.

Нормируемыми характеристиками инфразвука на рабочих местах согласно СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» являются уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Допустимыми уровнями звукового давления являются 105 дБ в октавных полосах 2, 4, 8, 16 Гц и 102 дБ в октавной полосе 31,5 Гц. При этом общий уровень звукового давления не должен превышать 110 дБ.

Неионизирующие электромагнитные поля и излучения

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет особую форму материи. Всякая электрически заряженная частица окружена электромагнитным полем. Электромагнитное поле может существовать и в свободном состоянии в виде движущихся со скоростью $3 \cdot 10^8$ м/с фотонов или в виде электромагнитных волн.

Движущееся ЭМП (электромагнитное излучение – ЭМИ) характеризуется векторами напряженности электрического E [В/м] и магнитного H [А/м] полей, которые определяют силовые свойства ЭМП.

Длина волны λ , частота колебаний f и скорость распространения электромагнитных волн в воздухе c связаны соотношением $c = \lambda f$. Например, для про-

мышленной частоты $f = 50$ Гц длина волны $\lambda = 3 \cdot 10^8 / 50 = 6000$ км, а для ультракоротких частот $f = 3 \cdot 10^8$ Гц длина волны равна 1 м.

В ЭМП существует три зоны, которые различаются по расстоянию от источника.

Зона индукции I (ближняя зона) имеет радиус $R \leq \lambda/2\pi$. В этой зоне электромагнитная волна не сформирована, и поэтому на человека действует независимо друг от друга напряженность электрического и магнитного полей.

Зона интерференции II (промежуточная) имеет радиус $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$. В этой зоне одновременно воздействуют на человека напряженность электрического и магнитного полей, а также энергетическая составляющая.

Зона излучения III (дальняя), имеющая радиус $R \geq 2\pi\lambda$, характеризуется тем, что это зона сформировавшейся электромагнитной волны. В этой зоне на человека воздействует только энергетическая составляющая, а векторы E и H всегда взаимно перпендикулярны. В вакууме и воздухе $E = 377 H$.

Для токов промышленных частот размер зон I и II составляет несколько десятков километров. Начиная со сверхвысоких частот, зона индукции уменьшается и оценка осуществляется по характеристике S , для которой в нормативных документах принято название – плотность потока энергии (ППЭ), хотя фактически – это плотность потока мощности [$\text{Вт}/\text{м}^2$], которая в общем виде определяется векторным произведением E и H , а для сферических волн при распространении в воздухе может быть выражена как

$$S = \frac{P}{4\pi R^2},$$

где P – мощность излучения, Вт.

Естественными источниками электромагнитных полей и излучений являются атмосферное электричество, радиоизлучения Солнца и галактик, электрическое и магнитное поля Земли.

Источниками электрических полей промышленной частоты (50 Гц) являются линии электропередач, а также все высоковольтные установки промышленной частоты.

Магнитные поля промышленной частоты возникают вокруг любых электроустановок и токопроводов промышленной частоты.

Источниками электромагнитных излучений радиочастот являются мощные радиостанции, антенны, установки индукционного нагрева, исследовательские установки, высокочастотные приборы и устройства, используемые в промышленности, в медицине и в быту.

Источниками электростатического поля и электромагнитных излучений в широком диапазоне частот являются персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ) и видеодисплейные терминалы (ВДТ) на электронно-лучевых трубках. Главную опасность для пользователей представляют электромагнитное излучение монитора в диапазоне частот 5 Гц–400 кГц и статический электрический заряд на экране.

В табл. 1.9 представлен весь спектр электромагнитных излучений.

Таблица 1.9

Спектр электромагнитных излучений

Название ЭМИ		Диапазон частот, Гц	Длины волн, м
Статические	Постоянные ЭМП	0	–
Низкочастотные	Крайне- и сверхнизкие	$3(10^0-10^2)$	10^8-10^6
	Инфра- и очень низкие, низкие	$3(10^2-10^4)$	10^6-10^4
Радиочастотные	Длинные волны (ДВ)	$3(10^4-10^5)$	10^4-10^3
	Средние волны (СВ)	$3(10^5-10^6)$	10^3-10^2
	Короткие волны (КВ)	$3(10^6-10^7)$	10^2-10^1
	Ультракороткие (УКВ)	$3(10^7-10^8)$	10^1-10^0
	Микроволны (СВЧ)	$3(10^8-10^{11})$	10^0-10^{-3}
Оптические	Инфракрасные	$3(10^{11}-10^{14})$	$10^{-3}-10^{-6}$
	Видимые	$3 \cdot 10^{14}$	$(0,39-0,76)10^{-6}$
	Ультрафиолетовые	$3(10^{14}-10^{15})$	$10^{-6}-10^{-7}$
Ионизирующие	Рентгеновское излучение	$3(10^{15}-10^{19})$	$10^{-7}-10^{-11}$
	Гамма-излучение	$3(10^{19}-10^{22})$	$10^{-11}-10^{-14}$

Степень воздействия ЭМП на человека зависит от частоты, напряженности электрического и магнитного полей, интенсивности потока энергии, локализа-

ции излучения и индивидуальных особенностей организма. Длительное воздействие электрического поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса. Возможны также незначительные и нестойкие изменения в составе крови.

Под влиянием высокочастотных колебаний в крови, являющейся электролитом, возникают ионные токи, вызывающие *нагрев тканей тела* человека.

Нормирование ЭМП. Допустимые уровни воздействия на работников и требования к проведению контроля на рабочих местах для электромагнитных полей изложены в СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», а также ГОСТ 12.1.002–84 – для электромагнитных полей промышленной частоты и ГОСТ 12.1.006–84 – для электромагнитных полей радиочастот.

Для электростатических полей согласно ГОСТ 12.1.045–84 устанавливается допустимая напряженность поля на рабочих местах по формуле

$$E = \frac{60}{\sqrt{t}},$$

где E – допустимая напряженность поля, кВ/м;

t – продолжительность воздействия поля, $t = 1-9$ ч.

В соответствии с этим стандартом предельное значение напряженности поля $E_{\text{ПДУ}}$, при которой допускается работать в течение часа, равно 60 кВ/м. В течение рабочей смены разрешается работать без специальных мер защиты при напряженности 20 кВ/м.

Для определения допустимого времени работы в электростатическом поле без защитных мер в зависимости от фактической напряженности следует пользоваться формулой

$$T_{\text{доп}} = (E_{\text{ПДУ}}/E_{\text{факт}})^2,$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – предельное значение напряженности поля, при которой допускается работать в течение часа, $E_{\text{ПДУ}} = 60$ кВ/м;

$E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности, кВ/м.

Для электрического поля промышленной частоты допускается пребывание персонала без специальных средств защиты в течение всего рабочего дня в электрическом поле напряженностью до 5 кВ/м. В интервале свыше 5 кВ/м до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания определяется по формуле

$$T = 50/E - 2,$$

где T – допустимое время пребывания в зоне действия электрического поля, ч;

E – напряженность воздействующего поля в контролируемой зоне, кВ/м.

При напряженности поля свыше 20 кВ/м до 25 кВ/м время пребывания персонала в поле не должно превышать 10 мин.

Внутри жилых зданий принято $E_{\text{ПДУ}} = 0,5$ кВ/м, на территории зоны жилой застройки – 1 кВ/м.

Для постоянных магнитных полей установлена напряженность поля $H_{\text{ПДУ}} = 8$ кА/м в течение рабочей смены при работе с магнитными установками и магнитными материалами.

Для магнитных полей промышленной частоты нормируется предельно допустимая напряженность поля $H_{\text{ПДУ}}$ в зависимости от характера воздействия (непрерывного или прерывистого), общего времени T воздействия в течение рабочего дня.

Оценка воздействия на человека электромагнитных полей радиочастот осуществляется по нижеследующим параметрам.

По энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека. Оценка по энергетической экспозиции применяется для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ.

По значениям интенсивности – такая оценка применяется для лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ.

В диапазоне частот 30 кГц–300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля E [В/м] и напряженности магнитного поля H [А/м].

В диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц интенсивность оценивается значениями плотности потока энергии ППЭ [Вт/м²], [мкВт/см²].

Энергетическая экспозиция (ЭЭ) в диапазоне частот 30 кГц–300 МГц определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

ЭЭ, создаваемая электрическим полем: $\text{ЭЭ}_E = E^2 T [(В/м)^2 \cdot ч]$.

ЭЭ, создаваемая магнитным полем: $\text{ЭЭ}_H = H^2 T [(А/м)^2 \cdot ч]$.

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот 0,06–3 МГц считается допустимым при условии

$$(\text{ЭЭ}_E)/(\text{ЭЭ}_{E\text{пду}}) + (\text{ЭЭ}_H)/(\text{ЭЭ}_{H\text{пду}}) < 1.$$

Предельно допустимую плотность потока энергии в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц на рабочих местах персонала устанавливают, исходя из допустимого значения энергетической нагрузки W на организм и времени пребывания в зоне облучения. Предельно допустимая плотность потока энергии определяется по формуле

$$\text{ППЭ} = W/T,$$

где W – нормированное значение допустимой энергетической нагрузки на организм, равное 2 Вт/м² для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн, и 20 Вт/м² для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн;

T – время пребывания в зоне облучения, ч.

Независимо от продолжительности воздействия интенсивность не должна превышать максимальных значений (например, 1000 мкВт/см² (10 Вт/м²) для диапазона частот 300 МГц–300 ГГц).

Предельно допустимые значения (согласно санитарным нормам) электрического поля и плотности потока энергии на территории жилой застройки, а также на рабочих местах лиц, не достигших 18 лет, и женщин в состоянии беременности представлены в табл. 1.10.

Предельно допустимые значения напряженности электрического поля
и плотности потока энергии

f	50 Гц	30–300 кГц	0,3–3МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300 ГГц
E , В/м	600	25	15	10	3,0	ППЭ 0,1 Вт/м ²

Методы и средства защиты от воздействия ЭМП. Применяют следующие способы и средства защиты или их комбинации:

– защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне, если интенсивность облучения превышает нормы, установленные при условии облучения в течение смены, и применяется, когда нет возможности снизить интенсивность облучения до допустимых значений другими способами;

– защита расстоянием применяется, когда невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. В этом случае увеличивают расстояние между источником излучения и обслуживающим персоналом. Защита расстоянием может применяться как в производственных условиях, так и в условиях населенных мест. Этот вид защиты основан на быстром уменьшении интенсивности поля с расстоянием.

Уменьшение мощности излучения достигается регулировкой передатчика (генератора), его заменой на менее мощный, если позволяет технология работ, применением специальных устройств – аттенюаторов, которые поглощают, отражают или ослабляют энергию на пути от генератора к антенне, внутри ее или при изменении угла направленности антенны.

Уменьшение излучения в источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности. Поглотители мощности, ослабляющие интенсивность излучения до 60 дБ (10^6 раз) и более, представляют собой коаксиальные или волноводные линии, частично заполненные поглощающими материалами, в которых энергия излучения преобразуется в тепловую.

Эффективным средством защиты от воздействия электромагнитных излучений является экранирование источников излучения и рабочего места с помощью экранов, поглощающих или отражающих электромагнитную энергию. Выбор конструкции экранов зависит от характера технологического процесса, мощности источника, диапазона волн. *Отражающие экраны* используют в основном для защиты от паразитных излучений (утечки из цепей в линиях передачи СВЧ-волн, из катодных выводов магнетронов и других), а также в тех случаях, когда электромагнитная энергия не является помехой для работы генераторной установки или радиолокационной станции. В остальных случаях, как правило, применяются поглощающие экраны. Для изготовления отражающих экранов используются материалы с высокой электропроводностью (металлы или хлопчатобумажные ткани с металлической основой). Сплошные металлические экраны наиболее эффективны и уже при толщине 0,01 мм обеспечивают ослабление электромагнитного поля примерно на 50 дБ (в 100 000 раз). Для изготовления поглощающих экранов применяются материалы с плохой электропроводностью, например экраны в виде прессованных листов резины специального состава со сплошными или полыми шипами.

Важное профилактическое мероприятие по защите от электромагнитного облучения – рациональное размещение оборудования и создание специальных помещений, в которых должны находиться источники электромагнитного излучения. Экраны источников излучения на рабочих местах блокируются с отключающими устройствами, что позволяет исключить работу излучающего оборудования при открытом экране.

Факторы риска при работе с компьютерами, нормы и рекомендации для защиты от ЭМП при эксплуатации компьютеров

С точки зрения безопасности труда на здоровье пользователей прежде всего влияют повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, длительное неизменное положение тела в процессе работы и воздействие электромагнитных полей, которое является наиболее опасным и коварным, так как действует незаметно и проявляется не сразу.

Особенно опасно электромагнитное излучение компьютера для детей и беременных женщин.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц напряженность электрического поля E не должна превышать 25 В/м, а магнитная индукция B – 250 нТл, что равнозначно напряженности магнитного поля $H = 0,2$ А/м. Напряженность магнитного поля и магнитная индукция связаны между собой следующим соотношением:

$$H = \frac{B}{\mu_0},$$

где H – напряженность магнитного поля, А/м;

B – магнитная индукция, Тл;

$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная;

при этом 1 А/м \sim 1,25 мкТл, 1 мкТл \sim 0,8 А/м.

В диапазоне частот 2–400 кГц – $E < 2,5$ В/м, а $H < 0,02$ А/м. Эти значения должны характеризовать ЭМП на расстоянии 50 см от видеодисплейных терминалов вокруг них, так как ЭМИ от компьютера распространяются в пространстве во всех направлениях, а не только от экрана. В связи с этим согласно СанПиН расстояние между тыльной поверхностью одного видеомонитора и экраном другого должно быть не менее 2 м, а между боковыми поверхностями – не менее 1,2 м. При индивидуальном использовании ПЭВМ или однорядном их расположении необходимо установить защитное покрытие на заднюю и боковые стенки ПЭВМ.

Регламентируется также поверхностный электростатический потенциал, который не должен превышать 500 В. Компьютеры с жидкокристаллическим экраном не наводят статического электричества и не имеют источников относительно мощного электромагнитного излучения. При использовании блока питания возникает некоторое превышение уровня на промышленной частоте, поэтому рекомендуется работа от аккумулятора.

Во всех случаях для снижения уровня облучения монитор рекомендуется располагать на расстоянии вытянутой руки пользователя. Оптимальным считается расстояние до экрана 60–70 см.

Появился новый показатель напряженности труда – наблюдение за экранами видеотерминалов. Оптимальным устанавливается наблюдение до 2 ч в смену, допустимым – до 3 ч. Свыше 3 ч – это напряженность (вредность) первой, а свыше 4 ч – напряженность второй степени. Зрительная нагрузка больше этого времени просто не допускается.

Для обеспечения метеоусловий площадь на одно рабочее место с ПЭВМ должна быть не менее $6,0 \text{ м}^2$. Освещенность на поверхности стола должна быть 300–500 лк, а уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБА.

Помещения с ПЭВМ должны обязательно иметь естественное освещение, кроме того, их запрещается располагать в подвальных и цокольных этажах.

Даже если все параметры компьютера, среды и рабочего места соответствуют нормативным требованиям и рекомендациям, частая и продолжительная работа за ПЭВМ может привести к негативным последствиям для здоровья. Поэтому следует уделять внимание режиму труда и отдыха, который зависит от вида и категории трудовой деятельности. Длительность работы преподавателей вузов в дисплейных классах не должна превышать 4 ч в день, а максимальное время занятий для первокурсников – 2 ч в день, студентов же старших курсов – 3 академических часа при соблюдении регламентированных перерывов и профилактических мероприятий.

Лазерное излучение

Лазерное излучение (ЭМИ с частотами $30 \cdot 10^{11}$ – $1,5 \cdot 10^{15}$ Гц) генерируют оптические квантовые генераторы (ОКГ) – лазеры. Лазерное излучение (ЛИ) – это узкий нефокусированный или фокусированный световой поток, сосредоточенный в основном в видимой области длин волн, а также в инфракрасной и ультрафиолетовой. Специфическими свойствами ЛИ являются острая

направленность, монохроматичность (одноцветность), большая мощность. Нефокусированный луч имеет ширину 1 – 2 см, фокусированный – 1–0,01 мм и менее.

В основу классификации лазеров положена степень опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала. По этой классификации лазеры разделены на четыре класса:

1-й класс (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз;

2-й класс (малоопасные) – опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;

3-й класс (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи – прямое или зеркально отраженное излучение;

4-й класс (высокоопасные) – опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Биологическое действие ЛИ возникает вследствие поглощения организмом тепловой энергии лазера, что приводит к ожогам кожи. Особенно сильно влияет ЛИ на глаза. При работе с лазерами большой мощности возможно повреждение внутренних органов и мозга. ЛИ может вызвать изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы. При работе с ОКГ опасно не только прямое, но и отраженное ЛИ. В механизме биологического воздействия лазерного луча, кроме теплового эффекта, имеет значение и ряд других факторов. При обслуживании ОКГ, кроме излучений, на работающих может влиять постоянный или импульсный шум интенсивностью до 120 дБ, пониженное содержание кислорода в воздухе или повышенное содержание азота, а также токсические вещества (нитробензол, сероуглерод).

В качестве ведущих критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты величина мощности (энергии), длина волны, длительность импульса и экспозиция облучения.

Основными нормативными правовыми актами, используемыми для оценки условий труда при работе с оптическими квантовыми генераторами, являются

СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров»; ГОСТ 12.1.040–83 «Лазерная безопасность. Общие положения»; ГОСТ 12.1.031–81 «Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения».

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного, санитарно-гигиенического характера.

Защитные мероприятия включают в себя экранирование ОКГ, применение телевизионных систем наблюдения за ходом процесса, использование дистанционного управления процессом, сведение к минимуму отражающих поверхностей оборудования и стенок. Работа выполняется при общем ярком освещении. Размещают лазер только в специальном помещении, дверь которого должна иметь блокировку. На входную дверь наносят знак лазерной безопасности. Для удаления возможных токсических газов, паров и пыли оборудуется приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. Для защиты от шума принимаются соответствующие меры звукоизоляции установок, звукопоглощения и др.

При эксплуатации лазеров должен производиться периодический дозиметрический контроль (не реже одного раза в год). В качестве СИЗ применяют специальные противолазерные очки, фильтры, защищающие глаза оператора, щитки, маски, технологические халаты и перчатки.

Контрольные вопросы и задачи

1. Понятие электромагнитного поля (ЭМП). Зоны ЭМП в зависимости от расстояния от источника.
2. Источники ЭМП и виды электромагнитных излучений.
3. Действие ЭМП на организм человека.
4. Нормирование ЭМП промышленной частоты и статических полей.
5. **Задача.** Определить допустимую продолжительность работы в электро-статическом поле без защитных средств, если фактическое значение напряженности поля $E_{\text{факт}}$ составляет 30 кВ/м.

6. **Задача.** Определить допустимое время пребывания персонала без специальных средств защиты в электрическом поле промышленной частоты напряженностью 10 кВ/м.
7. Нормирование электромагнитных полей радиочастот.
8. **Задача.** Определить, в какой зоне ЭМП находится рабочее место, расположенное на расстоянии 5 м от источника, если частота излучения составляет $3 \cdot 10^8$ Гц. Какие параметры ЭМП нормируются для данного рабочего места?
9. Как определяется энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем? Магнитным полем?
10. Какое требование должно выполняться при одновременном воздействии электрического и магнитного полей в диапазоне частот 0,06–3 МГц?
11. Методы и средства защиты от воздействия ЭМП.
12. Факторы риска при работе с компьютерами, нормы и рекомендации для защиты от ЭМП при эксплуатации компьютеров.
13. Укажите диапазон частот и свойства лазерного излучения.
14. Назовите классы лазеров в зависимости от степени опасности лазерного излучения.
15. Охарактеризуйте биологическое действие лазерного излучения на организм человека.
16. Какие вредные факторы могут воздействовать на работающих при эксплуатации ОКГ?
17. Какими параметрами характеризуется степень опасности генерируемого лазерного излучения?
18. Дайте краткую характеристику мероприятий по предупреждению поражений лазерным излучением.

Ионизирующие излучения

Ионизирующие излучения (ИИ) – излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию ионов (электрически заряженных частиц) разных знаков из электрически нейтральных атомов и молекул.

ИИ делят на **корпускулярные** и **электромагнитные**.

К **корпускулярным ИИ** относятся *альфа (α)-излучение* – поток ядер атомов гелия; *бета (β)-излучение* – поток электронов, иногда позитронов («положительных электронов»); *нейтронное (n) излучение* – поток нейтронов, возникающий в результате ряда ядерных реакций.

Электромагнитными ИИ являются *рентгеновское (ν) излучение* – электромагнитные колебания с частотой $3 \cdot 10^{17}$ – $3 \cdot 10^{21}$ Гц, возникающие при резком торможении электронов в веществе; *гамма-излучение* – электромагнитные колебания с частотой $3 \cdot 10^{22}$ Гц и более, возникающие при изменении энергетического состояния атомного ядра, при ядерных превращениях или аннигиляции («уничтожении») частиц.

Ниже представлены характеристики ионизирующих излучений.

Активность радионуклида (A) – мера радиоактивности – это величина, которая характеризует радиоактивный источник и показывает число происходящих в нем распадов в единицу времени (это косвенная характеристика количества радиоактивного вещества в любом веществе).

$$A = \frac{dN}{dt},$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt .

Единицей активности является беккерель (Бк), равный одному распаду в секунду. Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

1 Ки – активность 1 г Ra в равновесии с продуктами его распада (3 г U или 1 мг Co^{60}).

Удельная (объемная) активность – отношение активности A радионуклида в веществе к массе m или объему v вещества:

$$A_m = \frac{A}{m}; \quad A_v = \frac{A}{V}.$$

Единица удельной активности – беккерель на килограмм, Бк/кг. Единица объемной активности – беккерель на метр кубический, Бк/м³.

Количественную оценку действия ИИ в среде производят по значению дозы излучения: поглощенной и эквивалентной.

Поглощенная доза характеризует количество энергии любого ионизирующего излучения, поглощенное единицей облучаемой массы, и измеряется в СИ в греях (Гр), 1 Гр = 1 Дж/кг; внесистемная единица – рад (рад), 1 рад = 0,011 Гр.

Эквивалентная доза характеризует количество энергии любого ионизирующего излучения, поглощенное биологической тканью, и измеряется в СИ в зивертах (Зв), 1 Зв = 1 Гр · W, где W = 1–20 и более – взвешивающие коэффициенты, показывающие, во сколько раз радиационная опасность данного вида ИИ выше, чем от рентгеновского излучения при одинаковых поглощенных дозах; внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр (бэр), 1 бэр = 0,01 Зв.

Эффективная доза – величина, используемая как мера возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она определяется как сумма произведений эквивалентной дозы в органах или тканях на соответствующий коэффициент для данного органа или ткани. Значения взвешивающих коэффициентов для тканей и органов при расчете эффективной дозы приводятся в нормативных документах.

Доза эффективная коллективная – величина, определяющая полное воздействие излучения на группу людей, мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме эффективных индивидуальных доз. Единица измерения эффективной коллективной дозы – человеко-зиверт (чел.-Зв).

Действие ионизирующего излучения на организм человека. Биологическое действие ИИ на организм человека характеризуется нижеследующими особенностями. Наши органы чувств не приспособлены к восприятию ИИ, поэтому человек не может обнаружить их наличие и действие на организм. Различные органы и ткани человека имеют неодинаковую чувствительность к действию облучения. Имеется латентный (скрытый) период проявления действия ИИ, характеризующийся тем, что видимое развитие лучевого заболевания проявляется не сразу, а спустя некоторое время (от нескольких минут до десятков лет в зависимости от дозы облучения, радиочувствительности органа и наблюдаемой функции). Действие даже от малых доз облучения может накапливаться. Суммирование (кумуляция) доз происходит скрытно. Последствия облучения могут проявиться непосредственно у самого облученного (соматические эффекты) или у его потомства (генетические эффекты).

К *соматическим эффектам* относятся локальные лучевые повреждения (лучевой ожог, катаракта глаз, повреждение половых клеток и др.), острая лучевая болезнь (при однократном облучении большой дозой за короткий промежуток времени, например при аварии), хроническая лучевая болезнь (при облучении организма в течение продолжительного времени), лейкозы (опухолевые заболевания кроветворной системы), опухоли органов и клеток, сокращение продолжительности жизни.

Генетические эффекты – врожденные уродства – возникают в результате мутаций (наследственных изменений) и других нарушений в половых клеточных структурах, ведающих наследственностью.

В отличие от соматических, генетические эффекты действия радиации обнаружить трудно, так как они действуют на малое число клеток и имеют длительный скрытый период, измеряемый десятками лет после облучения. Такая опасность существует даже при очень слабом облучении, которое хотя и не разрушает клетки, но способно вызвать мутации хромосом и изменить наслед-

ственные свойства. Большинство подобных мутаций проявляется только в том случае, когда зародыш получает от обоих родителей хромосомы, поврежденные одинаковым образом. Мутации могут быть вызваны космическими лучами, а также естественным радиационным фоном Земли, на долю которого, по оценкам специалистов, приходится 1 % мутаций человека. Ежеминутно в каждом килограмме тканей любого живого организма естественной радиацией повреждается примерно миллион клеток. Подавляющее их большинство самозалечивается примерно за десять минут, эволюция «научила» этому наши клетки, потому что радиация сопровождает жизнь на Земле с момента ее зарождения.

Установлено, что не существует минимального уровня радиации, ниже которого мутаций не происходит. Общее количество мутаций, вызванных ионизирующим излучением, пропорционально численности населения и средней дозе облучения. Проявление генетических эффектов мало зависит от мощности дозы, а определяется суммарной накопленной дозой, независимо от того, получена она за 1 сутки или 50 лет. Полагают, что генетические эффекты не имеют дозового порога. Генетические эффекты определяются только эффективной коллективной дозой (чел.-Зв), а выявление эффекта у отдельного индивидуума практически не предсказуемо.

В отличие от генетических эффектов, которые вызываются малыми дозами радиации, соматические эффекты всегда начинаются с определенной пороговой дозы, при меньших дозах повреждения организма не происходит. Другое отличие соматических повреждений от генетических заключается в том, что организм способен со временем преодолевать последствия облучения, тогда как клеточные повреждения необратимы.

Облучение источниками ИИ может быть внешним и внутренним. Внешнее облучение производится источниками, находящимися вне организма, внутреннее – источниками, попавшими в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожу или ее повреждения.

Нормирование ионизирующих излучений. К основным правовым нормативам в области радиационной безопасности относятся нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 и Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09.

Нормы радиационной безопасности устанавливают три категории облучаемых лиц: **категория А** – профессиональные работники, работающие непосредственно с источниками ИИ; **категория Б** – лица, которые не работают непосредственно с источниками ИИ, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться промышленному облучению; третья категория – остальное население.

Основные пределы доз (ПД), установленные в соответствии с НРБ-99/2009 для персонала категории А и для населения, приведены в табл. 1.11.

Дозы облучения, как и все остальные допустимые производные уровни персонала группы Б, не должны превышать 1/4 значений для персонала группы А.

Таблица 1.11

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год, мЗв:		
в хрусталике глаза	150	15
коже	500	50
кистях и стопах	500	50

Защита от ионизирующих излучений. Ниже приведены основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- **принцип нормирования** – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;
- **принцип обоснования** – запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная

для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучения;

– **принцип оптимизации** – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

В целях социально-экономической оценки воздействия ионизирующего излучения на людей для расчета вероятностей потерь и обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации НРБ-99/2009 устанавливают, что облучение в коллективной эффективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере 1 чел.-года жизни населения. Величина денежного эквивалента потери 1 чел.-года жизни населения устанавливается Методическими указаниями федерального органа Роспотребнадзора в размере не менее 1 годового душевого национального дохода.

Эквивалентную дозу излучения можно снизить различными способами:

- уменьшить активность источника ИИ («защита количеством»);
- использовать в качестве источника излучения нуклид (изотоп) с меньшей энергией («защита мягкостью излучения»);
- уменьшить время облучения («защита временем»);
- увеличить расстояние от источника излучения («защита расстоянием»).

Если защита количеством, мягкостью излучения, временем или расстоянием невозможна, то используют экраны («защита экранированием»). Экранирование – основное защитное средство, позволяющее снизить ИИ на рабочем месте до любого уровня.

Защита от внутреннего облучения состоит в предотвращении или ограничении (требуемом санитарными нормами) попадания радиоактивного вещества внутрь организма. Наиболее важные защитные меры здесь: поддержание необходимой чистоты воздуха в помещениях путем эффективной вентиляции их; подавление и улавливание радиоактивной пыли, чтобы исключить накопление радиоактивных веществ на различных плоскостях; соблюдение правил личной гигиены.

Основные профилактические мероприятия:

- 1) правильный выбор планировки помещений, оборудования, отделки помещений, технологических режимов;
- 2) рациональная организация рабочих мест;
- 3) соблюдение мер личной гигиены работающими;
- 4) рациональные системы вентиляции, защиты от внешнего и внутреннего облучения, сбора и удаления радиоактивных отходов.

Средства индивидуальной защиты от ИИ:

- 1) изолирующие пластиковые пневмокостюмы с принудительной подачей воздуха в них;
- 2) специальная одежда хлопчатобумажная (халаты, комбинезоны, полукombineзоны) и пленочная (халаты, костюмы, фартуки, брюки, нарукавники);
- 3) респираторы и шланговые противогазы для защиты органов дыхания;
- 4) специальная обувь (сапоги резиновые, пленочные туфли, парусиновые чехлы на обувь);
- 5) резиновые перчатки и рукавицы из просвинцованной резины с гибкими нарукавниками для защиты рук;
- 6) пневмошлемы и шапочки (хлопчатобумажные, из просвинцованной резины) для защиты головы;
- 7) щитки из оргстекла для защиты лица;
- 8) очки для защиты глаз: из обычного стекла при альфа- и мягком бета-излучении, из силикатного и органического стекла (плексигласа) – при бета-излучении высокой энергии, из свинцового стекла – при гамма-излучении, из стекла с боросиликатом кадмия или с фтористыми соединениями – при излучении нейтронов.

Контрольные вопросы

1. Виды ионизирующих излучений.
2. Понятие активности радионуклида. Удельная и объемная активность.
3. Виды доз излучения.

4. Доза эффективная коллективная как мера коллективного риска.
5. Действие ионизирующего излучения на организм человека. Соматические (пороговые) и генетические (беспороговые) эффекты.
6. Нормирование ионизирующих излучений. Основные пределы доз в зависимости от категорий облучаемых лиц.
7. Принципы обеспечения радиационной безопасности.
8. Способы защиты от ионизирующих излучений.

1.3.2. Постоянные региональные и глобальные опасности

Воздействие на атмосферу

Загрязнители атмосферы. Загрязнителем может быть любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (в основном микроорганизмы), попадающие в окружающую среду либо образующиеся в ней в количестве выше естественных.

Под атмосферным загрязнением понимают присутствие в воздухе газов, паров, частиц, твердых и жидких веществ, тепла, колебаний, излучений, которые неблагоприятно влияют на человека, животных, растения, климат, материалы, здания и сооружения.

По происхождению загрязнения делят:

- на природные, вызванные естественными, часто аномальными, процессами в природе;
- антропогенные, связанные с деятельностью человека.

С развитием производственной деятельности человека все большая доля в загрязнении атмосферы приходится на антропогенные загрязнения.

По степени распространения загрязнения подразделяют:

- на локальные, связанные с городами и промышленными регионами;
- глобальные, влияющие на биосферные процессы в целом на Земле и распространяющиеся на огромные расстояния. Поскольку воздух находится

в постоянном движении, вредные вещества переносятся на сотни и тысячи километров. Глобальное загрязнение атмосферы усиливается в связи с тем, что вредные вещества из нее попадают в почву, водоемы, а затем снова поступают в атмосферу.

По видам загрязнители атмосферы разделяют:

– на химические – пыль, фосфаты, свинец, ртуть, образующиеся при сжигании органического топлива и в процессе производства строительных материалов;

– физические, к которым относят тепловые (поступление в атмосферу нагретых газов), световые (ухудшение естественной освещенности местности под воздействием искусственных источников света), шумовые (как следствие антропогенных шумов), электромагнитные (от линий электропередач, радио и телевидения, работы промышленных установок), радиоактивные, связанные с повышением уровня поступления радиоактивных веществ в атмосферу. Развитие атомной энергетики сопровождается ростом радиоактивных отходов, образующихся при добыче и переработке ядерного топлива. Активность этих отходов нарастает с каждым годом и в недалеком будущем составит $1,11 \cdot 10^{22}$ Бк, что представляет серьезную опасность для окружающей среды;

– биологические, которые в основном являются следствием размножения микроорганизмов и антропогенной деятельности (теплоэнергетика, промышленность, транспорт, действия вооруженных сил);

– механические, связанные с изменением ландшафта вследствие различного строительства, прокладки дорог, каналов, сооружения водохранилищ, добычи полезных ископаемых открытым способом и т. д.

Влияние атмосферных загрязнителей на биосферу

Влияние CO₂. Одним из основных по массе загрязнителей атмосферы является углекислый газ. В XX в. имело место существенное увеличение концентрации CO₂ в атмосфере. Выброс CO₂ в окружающую среду неразрывно связан с потреблением и производством энергии.

Экологи предупреждают, что если не удастся уменьшить выброс в атмосферу углекислого газа, то нашу планету ожидает катастрофа, связанная с повышением температуры вследствие так называемого «парникового эффекта».

Сущность этого явления заключается в том, что ультрафиолетовое солнечное излучение достаточно свободно проходит через атмосферу с повышенным содержанием CO_2 и метана CH_4 . Отражающиеся от поверхности инфракрасные лучи задерживаются атмосферой с повышенным содержанием CO_2 , что приводит к повышению температуры, а следовательно, и к изменению климата. Анализ наблюдений за последние 100 лет свидетельствует, что самыми тяжелыми были 1980, 1981, 1983, 1987 и 1988 гг. В Северном полушарии поверхностная температура в настоящее время на $0,4\text{ }^\circ\text{C}$ выше, чем в 1950–1980 гг. В будущем предполагается дальнейший рост температуры, примерно на $2\text{--}4\text{ }^\circ\text{C}$ к 2050 г., поэтому за счет таяния ледников и полярных льдов в ближайшие 25 лет ожидается повышение уровня Мирового океана на 10 см.

Наряду с этими прогнозами имеются данные, свидетельствующие о том, что концентрация диоксида углерода в атмосфере является не единственным фактором, влияющим на ее температуру. Согласно этим данным имеют место также эффекты охлаждения за счет твердых частиц, причем наибольшее воздействие в глобальном масштабе из всех твердых частиц оказывают тонкодисперсные пыли, поскольку они не оседают и остаются в верхних слоях атмосферы, откуда не удаляются ни с дождем, ни какими-либо другими путями. Эти пылевые облака отражают солнечный свет, и дальнейшее увеличение содержания вещества в атмосфере в виде частиц могло бы в будущем привести к ненормальному понижению средней температуры вблизи поверхности земли. Оценка содержания твердых частиц в атмосфере за период 1850–1970 гг. показала рост примерно на 50 %. Предполагают, что дальнейшее увеличение содержания твердых частиц еще на 50 % может привести вследствие отражения солнечного света к снижению средней температуры приземного слоя атмосферы на $0,5\text{--}1,0\text{ }^\circ\text{C}$.

Влияние пыли. Загрязняющие вещества проникают в организм через органы дыхания. Суточный объем вдыхаемого воздуха для одного человека составляет 6–12 м³. При нормальном дыхании с каждым вдохом в организм человека поступает 0,5–2 л воздуха.

Вдыхаемый воздух через трахею и бронхи попадает в альвеолы легких, где происходит газообмен между кровью и лимфой. В зависимости от размеров и свойств загрязняющих веществ их поглощение происходит по-разному.

Грубые частицы задерживаются в верхних дыхательных путях и, если они не токсичны, могут вызывать заболевание, которое называется *пылевой бронхит*. Тонкие частицы пыли (0,5–5 мкм) достигают альвеол и могут привести к профессиональному заболеванию, которое носит общее название *пневмокониоз*. Его разновидности: силикоз (вдыхание пыли, содержащей SiO₂), антракоз (вдыхание угольной пыли), асбестоз (вдыхание пыли асбеста) и др.

Наличие пыли в атмосфере, помимо вышеуказанных отрицательных последствий, уменьшает поступление к поверхности Земли ультрафиолетовых лучей. Наиболее сильно влияние загрязнений на здоровье человека проявляется в период смогов. В это время ухудшается самочувствие людей, резко возрастает число легочных и сердечно-сосудистых заболеваний, возникают эпидемии гриппа.

Смог (англ. smoke – дым и fog – густой туман): 1) сочетание пылевых частиц и капель тумана; 2) термин, используемый для обозначения видимого загрязнения воздуха любого характера.

Интенсивный смог вызывает удушье, приступы астмы, аллергические реакции, раздражение глаз, повреждение растительности, зданий и сооружений (особенно сильно страдают покрытия и скульптурные элементы). Печально знаменит смог 1952 г. в Лондоне. Он унес более 4 тыс. жизней.

Смог ледяной (аляскинского типа) – сочетание газообразных загрязнителей, пылевых частиц и кристаллов льда, возникающих при замерзании водяных капель тумана и пара отопительных систем.

Смог лондонского типа (влажный) – сочетание газообразных загрязнителей (в основном сернистого ангидрида), пылевых частиц и капель тумана.

Смог фотохимический (Лос-Анджелесского типа, сухой) – вторичное (кумулятивное) загрязнение воздуха, возникающее в результате разложения загрязняющих веществ солнечными лучами (особенно ультрафиолетовыми). Главный ядовитый компонент – озон (O_3). Дополнительными его составляющими служат угарный газ (CO), оксиды азота (NO_x), азотная кислота (HNO_3).

Загрязнения атмосферы вредно сказываются и на растениях. Разные газы оказывают различное влияние на растения, причем восприимчивость растений к одним и тем же газам неодинакова. Наиболее вредны для них сернистый газ, фтористый водород, озон, хлор, диоксид азота, соляная кислота.

Загрязняющие атмосферу вещества отрицательно влияют на сельскохозяйственные растения как за счет непосредственного отравления зеленой массы, так и интоксикации почвы.

К антропогенным процессам относится разрушение озонового экрана, которое вызывается:

- работой холодильников на фреоне и аэрозольных установках;
- выделением NO_2 в результате разложения минеральных удобрений;
- полетами самолетов на большой высоте и запусками ракетносителей спутников (выброс оксидов азота и паров воды);
- ядерными взрывами (образование оксидов азота);
- процессами, способствующими проникновению в стратосферу соединений хлора, и др.

По оценкам ученых, в настоящее время содержание озона уменьшается ежегодно примерно на 0,1 %. Если выброс фреона будет продолжаться на уровне 1975 г., то уменьшение содержания озона через 100 лет может составить 11–16 %, а через 50 лет – 5–8 %. В ближайшие годы антропогенное воздействие на атмосферу мало повлияет на содержание озона, но приведет к заметному перераспределению его по высоте. Это может существенно изменить климат и вызвать другие негативные последствия.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается защитная функция озонового слоя?
2. Сформулируйте понятие «загрязнитель».
3. Назовите основные виды загрязнителей биосферы.
4. Понятие и причины «парникового эффекта».
5. Что такое *смог*? Происхождение и разновидности смогов.
6. Причины разрушения озонового экрана.

Загрязнители водных источников

Интенсивное развитие промышленности, транспорта, перенаселение ряда регионов планеты привели к значительному загрязнению гидросферы. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 80 % всех инфекционных болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения. Загрязнение поверхности водоемов пленками масла, жиров, смазочных материалов препятствует газообмену воды и атмосферы, что снижает насыщенность воды кислородом, отрицательно влияет на состояние фитопланктона и приводит к массовой гибели рыбы и птиц.

Наиболее интенсивному антропогенному воздействию подвергаются пресные поверхностные воды суши (реки, озера, болота, почвенные и грунтовые воды). Хотя их доля в общей массе гидросферы невелика (менее 0,4 %), высокая активность водообмена многократно увеличивает их запасы. Под активностью водообмена понимается скорость возобновления отдельных водных ресурсов гидросферы, которая выражается числом лет или суток, необходимых для полного возобновления водных ресурсов.

Особенно интенсивно используются речные воды. Несмотря на то, что в руслах рек содержится всего 1200 км^3 воды, высокая активность водообмена речных вод (1 раз в 11–14 дней) умножает их ресурсы. К этому следует добавить ежегодно возобновляемый полезный объем водохранилищ мира, оцениваемый в 3200 км^3 .

Основные потребители воды рек и водохранилищ:

– ирригация (использование воды на сельскохозяйственные нужды имеет наибольший удельный вес, достигая 60–70 % всех ресурсов);

– промышленность и энергетика;

– коммунальное хозяйство городов.

На хозяйственно-питьевые цели в нашей стране приходится 10 % общего водопотребления.

Примеси, от которых зависит безопасность ресурсов питьевой воды, подразделяются на три категории:

– неорганические химические вещества, к числу которых относятся ртуть, кадмий, нитраты, свинец и их соединения, а также соединения хрома, меди;

– органические химические соединения – нефть и нефтепродукты, пестициды, полихлорбифенилы;

– болезнетворные микроорганизмы, паразиты.

Загрязнению подвергаются не только поверхностные, но и подземные воды, которые страдают от загрязнений нефтяными промыслами, предприятиями горнодобывающей промышленности, отходов полей фильтрации, шлакоаккумуляторов и отвалов металлургических заводов, хранилищ химических отходов и удобрений, свалок, животноводческих комплексов, канализационных стоков населенных пунктов. Из загрязняющих подземные воды веществ преобладают нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, никель, ртуть), сульфаты, хлориды, соединения азота.

Основные источники загрязнения гидросферы:

– промышленные сточные воды;

– хозяйственно-бытовые сточные воды;

– дренажные воды с орошаемых земель;

– организованный и неорганизованный сток с территорий населенных пунктов и промышленных площадок;

– сельскохозяйственные поля и крупные животноводческие комплексы;

– водный транспорт.

Влияние хозяйственной деятельности человека на состояние почвы

Почва представляет собой основной источник продовольствия, обеспечивающий 95–97 % продовольственных ресурсов для населения планеты.

Образование почв происходит на Земле с момента возникновения жизни и зависит от многих факторов. Продолжительность процесса почвообразования для различных материков и широт составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч лет.

Основное свойство почвы – плодородие. Хозяйственная деятельность человека в настоящее время становится доминирующим фактором в разрушении почв, снижении или повышении их плодородия. Этому способствуют нижеследующие процессы.

Аридизация суши – комплекс процессов уменьшения влажности обширных территорий и вызванное этим сокращение биологической продуктивности экологических систем. Под действием примитивного земледелия, нерационального использования пастбищ, беспорядочного применения техники на угодьях почвы превращаются в пустыни.

Эрозия почв – разрушение почв под действием ветра, воды, техники и ирригации. Наиболее опасна водная эрозия – смыв почвы тальными, дождевыми и ливневыми водами. Водные эрозии отмечаются при крутизне уже 1 – 2°. Водной эрозии способствуют уничтожение лесов, вспашка по склону.

Ветровая эрозия характеризуется выносом ветром наиболее мелких частей. Ветровой эрозии способствуют уничтожение растительности на территориях с недостаточной влажностью, сильные ветры, непрерывный выпас скота.

Техническая эрозия связана с разрушением почвы под воздействием транспорта, землеройных машин и техники.

Ирригационная эрозия развивается в результате нарушения правил полива при орошаемом земледелии. Засоление почв в основном связано с этими нарушениями. В настоящее время не менее 50 % площади орошаемых земель засолено, потеряны миллионы гектаров ранее плодородных земель.

В отличие от загрязнения атмосферы и воды, загрязнение почвы носит только техногенный характер. Техногенная интенсификация производства способствует загрязнению и дегумификации (уничтожению плодородного слоя почвы – гумуса), вторичному засолению, эрозии почвы.

Загрязнителями почвы являются пестициды, применяемые для борьбы с сорняками.

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения, ТЭС на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями свинца, серы и другими токсичными веществами.

Загрязнение почв нефтью в местах ее добычи, переработки, транспортировки и распределения превышает фоновое в десятки раз.

Таким образом, интенсивное развитие промышленного производства приводит к росту промышленных отходов, которые в совокупности с бытовыми отходами существенно влияют на химический состав почвы, вызывая ухудшение ее качества. Сильное загрязнение почвы тяжелыми металлами вместе с зонами сернистых загрязнений, образующихся при сжигании каменного угля, приводит к изменению состава микроэлементов и возникновению техногенных пустынь.

Изменение содержания микроэлементов в почве сказывается на здоровье травоядных животных и человека, приводит к нарушению обмена веществ, вызывает различные эндемические заболевания местного характера. Например, недостаток йода в почве ведет к болезни щитовидной железы, недостаток кальция в питьевой воде и продуктах питания – к поражению суставов, их деформации, задержке роста.

Вывоз промышленных и бытовых отходов на свалки приводит к загрязнению и нерациональному использованию земельных угодий, росту транспортных расходов и безвозвратной потере ценных материалов и веществ, создает реальную угрозу значительных загрязнений атмосферы, поверхностных и грунтовых вод.

Очистка почвы от вредных веществ невозможна – самоочищение естественным путем происходит в течение нескольких тысяч лет. Невозможно предотвратить и косвенное воздействие почвы на здоровье людей через мясо животных и растения. Они аккумулируют в себе вредные вещества, которые накапливаются в них в течение долгого времени. Механизмов эффективной защиты от косвенного влияния отравленных почв не найдено, поскольку термическая обработка не выводит соли тяжёлых металлов из мяса, овощей и злаков.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные виды загрязнителей водных источников.
2. Какие объекты являются основными загрязнителями водных источников?
3. Какие процессы оказывают влияние на плодородие почвы?
4. Что такое эрозия почвы? Причины и виды эрозии почвы.
5. Назовите основные загрязнители почвы.

1.3.3. Чрезвычайные локально действующие опасности

Кроме рассмотренных выше опасностей, действующих длительно, в течение всего времени пребывания человека в опасной зоне, на него могут оказывать воздействие и спонтанно возникающие травмоопасности, такие как электрический ток, движущиеся механические устройства, режущие и колющие предметы, падение с высоты и т. п.

Возникновение таких опасностей возможно при неправильной эксплуатации электрических сетей, средств транспорта, подъемно-транспортного оборудования, различного инструмента.

Возникновение чрезвычайных ситуаций в промышленности и в быту часто связано с разгерметизацией систем повышенного давления (баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газопроводов, систем теплоснабжения и т. п.).

В чрезвычайных ситуациях проявление первичных негативных факторов (обрушение конструкций, столкновение транспортных средств и т. п.) может вызвать цепь вторичных негативных воздействий (эффект «домино») – пожар,

загазованность или затопление помещений, разрушение систем повышенного давления, химическое, радиоактивное и бактериальное воздействие и т. п. Последствия (число травм и жертв, материальный ущерб) от действия вторичных факторов часто превышают потери от первичного воздействия.

Электрический ток

Воздействие электрического тока на организм человека. Проходя через тело человека, ток оказывает следующие виды воздействия:

- 1) термическое (ожоги и т. п.);
- 2) электролитическое (разложение электролитов: крови, тканевых жидкостей);
- 3) биологическое (спазм, судороги, фибрилляция сердца – т. е. хаотическое, беспорядочное сокращение волокон (фибрилл) сердечной мышцы).

Ток, который протекает через тело человека, действует на организм не только в местах контакта и по пути протекания тока, но и на такие системы, как кровеносная, дыхательная и сердечно-сосудистая. Опасность получения электротравм имеет место не только при прикосновении, но и через напряжение шага и через электрическую дугу.

Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: **электрическим травмам и электрическим ударам.**

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда при тяжелых ожогах травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы:

- электрические ожоги;
- электрические знаки;
- металлизация кожи;
- электроофтальмия;
- механические повреждения.

Электрический ожог – самая распространенная электротравма. Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

Токовый ожог обусловлен прохождением тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Различают четыре степени ожогов: I – покраснение кожи; II – образование пузырей; III – омертвление всей толщи кожи; IV – обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1–2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени; иногда бывают и тяжелые ожоги.

Дуговой ожог. При более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3500 °С, и у нее весьма большая энергия), которая и причиняет дуговой ожог. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые – III или IV степени.

Электрические знаки – четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергшейся действию тока. Знаки бывают также в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей. В большинстве случаев электрические знаки безболезненны, и лечение их заканчивается благополучно.

Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключениях рубильников под нагрузкой и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

Электроофтальмия – поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи.

Механические повреждения возникают в результате резких произвольных 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, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока.

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 различают четыре степени электрических ударов:

- I степень – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- II степень – судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранение дыхания и работы сердца;
- III степень – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности и/или дыхания;
- IV степень – клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. На исход поражения электрическим током оказывают влияние нижеследующие факторы.

1. Величина силы тока и напряжения.
2. Время прохождения тока через организм человека.
3. Путь, или петля прохождения тока. Наиболее опасным является путь прохождения тока через сердечную мышцу и дыхательную систему.

Наиболее часто встречающиеся пути:

- нога-нога – 0,4 % энергии проходит через сердце;
 - рука-рука – 3,4 %;
 - левая рука-нога – 3,6 %;
 - правая рука-нога – 6,7 % (наиболее опасный путь).
4. Место контакта с током (действие тока на организм усиливается при замыкании контактов в акупунктурных точках (зонах)).

5. Род и частота тока. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20–100 Гц. При частоте меньше 20 или больше 1000 Гц опасность поражения током заметно снижается. Токи частотой более 500 Гц не вызывают электрического удара, однако они могут вызвать термические ожоги. Считается, что в интервале напряжений 450–500 В вне зависимости от рода тока действие одинаково; ниже 450 В – поражение переменным током сильнее, чем постоянным током; выше 500 В – опаснее постоянный ток. Наибольшую опасность представляет переменный ток промышленной частоты (50–60 Гц).

6. Фаза сердечной деятельности. Фибрилляция и остановка сердца могут возникнуть, если время протекания тока через сердце совпадает с так называемой фазой *T* на электрокардиограмме человека, когда сердце находится в расслабленном состоянии и наиболее чувствительно к воздействию электрического тока. Фаза *T* в общем периоде кардиоцикла (0,75–1 с) занимает 0,2 с. Поэтому все отключающие устройства тока должны проектироваться со временем срабатывания менее 0,2 с.

7. Состояние организма человека (прежде всего нервной системы).

8. Условия окружающей среды (температура, влажность и др.).

Повышенная температура, влажность повышают опасность поражения электрическим током. Чем ниже атмосферное давление (а значит, степень насыщенности организма кислородом), тем выше опасность поражения.

Можно выделить три основные реакции организма на прохождение тока:

- 1) ощущение тока;
- 2) судорожное (непреодолимое) сокращение мышц;
- 3) фибрилляция сердца.

Минимальные значения токов, вызывающих основные реакции, называются пороговыми значениями токов.

В связи с этим различают токи:

- 1) ощутимый;
- 2) неотпускающий;
- 3) фибрилляционный.

Для переменного тока пороговые значения составляют 0,6–1,5 мА – осязаемый ток; 6–20 мА – неотпускающий ток; 100 мА – фибрилляционный ток.

В электроустановках за «смертельный» порог берется значение фибрилляционного тока. Для каждого порогового значения тока существует минимальное допустимое время воздействия: 10 мин – для осязаемого тока; 3 с – для неотпускающего тока; 1 с – для фибрилляционного тока.

Сопротивление тела человека. Экспериментально установлено, что сопротивление тела человека имеет активно-емкостный характер и складывается из R_k (сопротивление кожи человека), C_k (емкость, образованная за счет диэлектрических свойств кожного покрова) и $R_{вн}$ (электрическое сопротивление внутренних органов). Поверхностный кожный покров, состоящий из наслаивания ороговевших клеток, имеет большое сопротивление – в сухом состоянии кожи оно может иметь значения до 500 кОм. Сопротивление внутренних органов человека составляет 400–600 Ом. Емкость кожи составляет 100–150 пФ.

В электрических расчетах за расчетное значение сопротивления тела человека принято R_h , равное 1000 Ом. При этом емкостной составляющей пренебрегают. Не учитывают также нелинейность сопротивления тела человека – его зависимость от приложенного напряжения, длительности протекания тока и др.

Ситуационный анализ поражения током

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются:

- 1) на электроустановки выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю);
- 2) электроустановки выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю);
- 3) электроустановки до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью;
- 4) электроустановки до 1 кВ с изолированной нейтралью.

Наиболее типичны два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек касается одновременно двух проводов и когда он касается одного провода.

Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют **двухфазным** прикосновением (рис. 1.12), а вторую – **однофазным** (рис. 1.13–1.15).



Рис. 1.12. Схема прохождения тока через тело человека при двухфазном прикосновении: *а* – общая схема; *б* – векторная диаграмма напряжений фаз относительно земли

Ток, проходящий через тело человека, в этом случае не зависит от режима нейтрали:

$$J_h = \frac{U_l}{R_h} = \frac{U_\phi \sqrt{3}}{R_h},$$

где U_l – линейное напряжение;

U_ϕ – фазное напряжение;

R_h – сопротивление тела человека.

Двухфазное прикосновение считается наиболее опасным, поскольку человек оказывается под линейным напряжением, которое в $\sqrt{3}$ раз больше фазного.

Например, если линейное напряжение U_l составляет 380 В, а сопротивление тела человека R_h принять равным 1000 Ом, ток, протекающий через тело человека, составит

$$J_h = \frac{U_l}{R_h} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}.$$

Это значение в несколько раз превышает величину фибрилляционного тока.

Однофазное прикосновение

А. Однофазное прикосновение в сетях с заземленной нейтралью

Ток, проходящий через тело человека:

$$J_n = \frac{U_\phi}{R_h + R_n + r_n + r_{об} + r_{од}},$$

где R_n – сопротивление заземления нейтрали, $R_n \leq 4$ Ом;

$r_n, r_{об}, r_{од}$ – сопротивление пола, обуви, одежды.

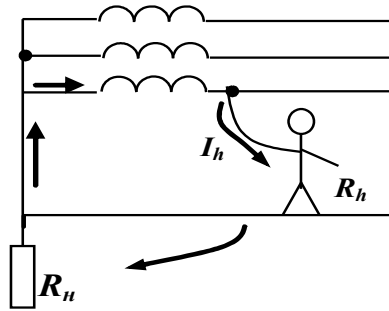


Рис. 1.13. Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении в сети с заземленной нейтралью

Б. Однофазное прикосновение в сетях с изолированной нейтралью

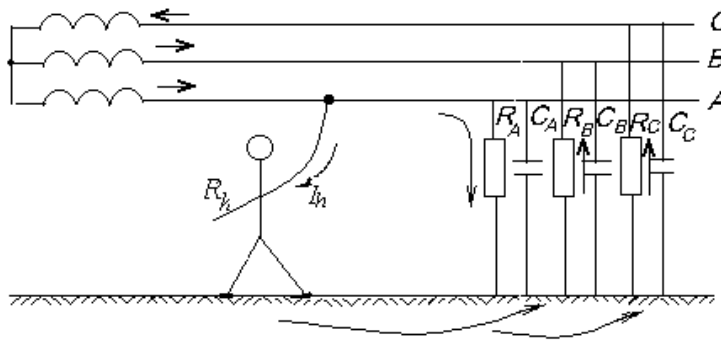


Рис. 1.14. Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью

В сетях с изолированной нейтралью условия электробезопасности определяются сопротивлениями изоляции и емкостью относительно земли.

Ток, проходящий через тело человека:

$$I = \frac{3U_{\phi}}{R_h} \sqrt{\frac{\frac{1}{R_{\phi}^2} + \omega^2 C_{\phi}^2}{\left(\frac{3}{R_{\phi}} + \frac{1}{R_h}\right)^2 + 9\omega^2 C_{\phi}^2}}$$

Если емкость проводов относительно земли мала, т. е. $C_{\phi} > 0$, что обычно бывает в воздушных сетях небольшой протяженности, то ток через тело человека определится выражением

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + \frac{R_{\phi}}{3}}$$

где R_{ϕ} – сопротивление изоляции фазы.

Если же емкость велика, а проводимость изоляции незначительна, т. е. $R_{\phi} \rightarrow \infty$, что обычно бывает в кабельных сетях, то сила тока через тело человека:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_h^2 + \left(\frac{X_c}{3}\right)^2}},$$

где X_c – емкостное сопротивление, $X_c = 1/\omega C$, Ом;

ω – угловая частота, рад/с.

Таким образом, при поддержании параметров сети R_{ϕ} и C_{ϕ} на соответствующем нормам уровне можно добиться обеспечения электробезопасных условий эксплуатации сети. Поэтому при эксплуатации электрических сетей, работающих в режиме изолированной нейтрали, особое значение имеет контроль изоляции. По требованию безопасности $R_{из} \geq 0,5$ МОм.

Приведенные формулы справедливы для работы установок в нормальном режиме (т. е. при сохранении нормативных значений сопротивления изоляции). Схема прохождения тока через тело человека в аварийном режиме (при неисправности изоляции фаз) приведена на рис. 1.15.

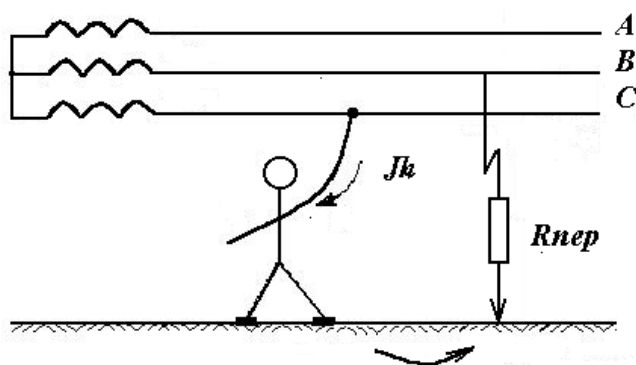


Рис. 16. Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении в сети с изолированной нейтралью при замыкании на землю одной из фаз (аварийный режим)

Ток, проходящий через тело человека в аварийном режиме, определяется выражением

$$J_h = \frac{U_{л}}{R_h + R_{пер} + r_n + r_{об} + r_{од}}.$$

В аварийных ситуациях (при неисправности изоляции фаз) человек попадает под действие линейного напряжения. Таким образом, при неисправности изоляции фаз человек попадает под действие линейного напряжения. Аварийные режимы возникают при повреждении изоляции и пробое фазы на корпус оборудования, при падении на землю провода под напряжением и по другим причинам. Потенциал токоведущей части падает при этом до потенциала φ_3 , где $\varphi_3 = J_3 \cdot r_3$; здесь J_3 – ток замыкания; r_3 – сопротивление цепи в точке замыкания.

Растекание тока замыкания в грунте определяет характер распределения потенциала на поверхности земли. Можно показать, что потенциал на поверхности грунта распределяется по закону гиперболы. Схема растекания тока в грунте представлена на рис. 1.16.

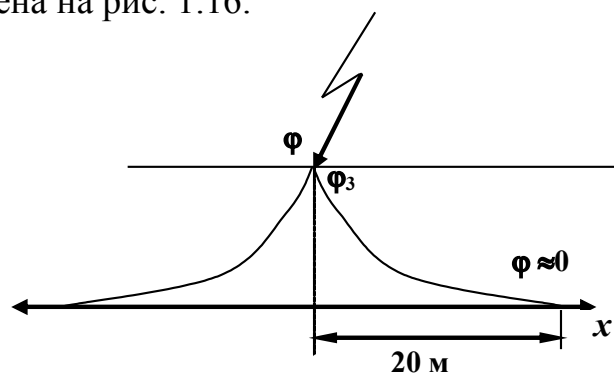


Рис. 1.16. Распределение потенциала по поверхности земли при стекании тока на землю

Напряжение прикосновения и шаговое напряжение.

Напряжение прикосновения (рис. 1.17) – это напряжение между двумя точками цепи замыкания на землю (корпус) при одновременном прикосновении к ним человека. Численно оно равно разности потенциалов корпуса φ_3 и точек грунта, в которых находятся ноги человека, φ_{x_1} :

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{x_1} = \alpha_{прик} \cdot \varphi_3;$$

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}; \quad \varphi_{x_1} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_1}; \quad \alpha_{прик} = 1 - \frac{r}{x_1},$$

где ρ – удельное сопротивление грунта;

r – радиус условного полусферического заземлителя;

$\alpha_{прик}$ – коэффициент напряжения прикосновения. В пределах зоны растекания тока $\alpha_{прик}$ меньше единицы, а за пределами этой зоны равен единице.

Напряжение прикосновения увеличивается по мере удаления от заземлителя, и за пределами зоны растекания тока оно равно напряжению на корпусе оборудования. Ток, протекающий через тело человека при прикосновении,

$$I_h = \frac{U_{\text{пр}}}{R_h}.$$

Напряжение шага (рис. 1.17) – разность потенциалов, обусловленная растеканием тока замыкания на землю, между точками цепи тока, находящихся на расстоянии шага a , которых одновременно касается ногами человек.

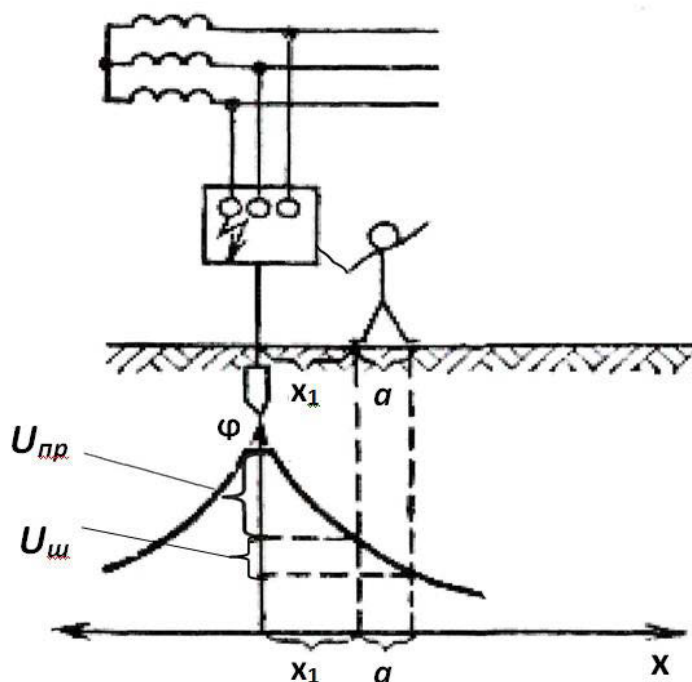


Рис. 1.17. Схема возникновения напряжения прикосновения и шагового напряжения

$$U_{\text{ш}} = \varphi_{x_1} - \varphi_{x_1+a} = \varphi_z \cdot \beta_{\text{ш}}; \quad \varphi_{x_1} = \frac{I_z \rho}{2\pi x_1};$$

$$\varphi_{x_1+a} = \frac{I_z \rho}{2\pi(x_1 + a)}; \quad \beta_{\text{ш}} = \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_1 + a} \right) r = \frac{ar}{x_1(x_1 + a)},$$

где $\beta_{\text{ш}}$ – коэффициент шагового напряжения.

Напряжение шага зависит от потенциала замыкания и удельного сопротивления грунта, а также расстояния от заземлителя и ширины шага. Напряжение шага максимально у заземлителя и уменьшается по мере удаления от заземлителя; вне поля растекания оно равно нулю.

Ток, обусловленный напряжением шага,

$$I_h = \frac{U_{ш}}{R_h}.$$

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током. Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), установлены три класса помещений по опасности поражения электрическим током (табл. 1.12).

Таблица 1.12

Классификация помещений по электроопасности [ПУЭ]

Класс помещения	Характеристика помещения
Без повышенной опасности	В помещении отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (см. п. 2 и 3)
С повышенной опасностью	Наличие одного из признаков: 1) сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %); 2) токопроводящая пыль (металлическая, угольная и т. п.); 3) токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.); 4) высокая температура (температура длительно превышает +35 °С); 5) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой
Особоопасное	Характеризуется наличием: 1) особой сырости: влажность воздуха близка к 100 %; 2) химически активной или органической среды (агрессивные пары, газы, жидкости, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования); 3) одновременно двух или более условий повышенной опасности (см. п. 2)

Механическое травмирование

Механическое травмирование, происходящее, как правило, спонтанно, имеет весьма широкий спектр негативных воздействий на человека – от порезов и ушибов до летального исхода. Тяжелые случаи механического травмирования связаны, как правило, с техногенными авариями или со стихийными явлениями.

Механическое травмирование человека в производственных условиях и в быту возможно:

- при несанкционированном взаимодействии с различными устройствами и механизмами (конвейерами, роботами, подъемно-транспортным оборудованием, средствами транспорта, бытовой техникой и т. п.);
- при падении человека и различных предметов;
- при поражении потоками вещества, ударной волной, фрагментами разрушающихся систем повышенного давления, тепловых и иных сетей и т. п.;
- при контакте с режущими и колющими предметами, с шероховатыми и рваными поверхностями.

Ниже перечислены основные опасности, возникающие при эксплуатации подъемно-транспортных машин и устройств:

- падение груза с высоты вследствие разрыва каната или неисправности грузозахватного устройства;
- разрушение металлоконструкции крана, тягового органа в конвейерных установках;
- потеря устойчивости и падение стрелковых самоходных кранов;
- спадание каната или цепи с блока (особенно при подъеме груза); кроме того, при раскачке блока возможно соскальзывание каната или цепи с крюка;
- при использовании ручных лебедок возможно травмирование как самим грузом, так и приводными рукоятками из-за самопроизвольного опускания груза;
- срыв винтовых, реечных и гидравлических домкратов, если они установлены на неустойчивом и непрочном основании или не вертикально (с наклоном), а также их самопроизвольное опускание и т. п.

Опасная зона подъемно-транспортных машин не является постоянной и перемещается в пространстве при перемещении всей машины или ее отдельных частей.

Несчастные случаи, часто возникающие на ленточных и цепных конвейерах, в 90 % случаев происходят в момент устранения на ходу конвейера неполадок вследствие захвата тела и одежды набегающими частями оборудования.

Поэтому на работающем конвейере запрещается исправлять смещение (сбег) ленты и устранять ее пробуксовку, убирать просыпавшийся и налипающий материал, подметать под конвейером.

Источником механических травм может быть ручной (отвертки, ножи, напильники, зубила, молотки, пилы, рубанки и т. д.) и механизированный (дрели, перфораторы, рубанки, пилы с электро- и пневмоприводом) инструмент. Как правило, этими видами инструментов повреждаются пальцы и руки при их попадании в зону обработки материала, а также глаза, которые могут быть повреждены отлетающими из зоны обработки осколками, стружкой, пылью.

Другие причины получения механических травм:

- падение на скользком полу, особенно в случаях, когда на полу есть разлитое или вытекшее из оборудования масло и другие жидкости;
- падение с высоты или с неустойчивого основания, на котором стоит человек;
- воздействие роботов и манипуляторов при попадании человека в зону их действия;
- воздействие других разнообразных, но менее типичных причин (например, разрушение емкостей, находящихся под давлением, падение предметов с высоты, обрушение строительных конструкций и т. д.).

Системы повышенного давления

Значительную опасность для населения представляют бытовые газовые баллоны и трубы, которые в ряде случаев выведены наружу и расположены по периметру зданий на уровне первого этажа (в Москве таких жилых зданий около 14 %).

Нарушение правил безопасности при эксплуатации газовых систем и их изношенность приводят к взрывам бытового газа, часто сопровождающимся разрушением строительных конструкций и гибелью людей.

Транспортные аварии

Транспортные аварии почти всегда имеют техногенное или антропогенно-техногенное происхождение. Однако большинство аварий обусловлено, как правило, ошибочными действиями людей. Так, по данным ИКАО, причины авиационных катастроф распределяются следующим образом (%):

действие пилотов.....	75–80
неправильное управление полетом с земли.....	3–6
ошибки метеослужб.....	5–6
техническая неисправность самолетов.....	10–12
другие причины.....	2–5

Транспортные аварии происходят внезапно, что делает их непредсказуемыми во времени.

1.3.4. Региональные чрезвычайные опасности

Региональные чрезвычайные опасности, спонтанно возникая и обладая высоким уровнем воздействия на человека, как правило, травмируют большие группы людей, а промышленные объекты, селитебные зоны и природу разрушают.

Основные источники таких опасностей:

- пожаро-, взрыво-, химически- и радиационно-опасные производственные объекты (АЭС, ракетные комплексы и т. п.);
- газовые, нефтяные, тепловые, электрические комплексы, их коммуникации и сети;
- новые технологии, направленные на получение энергии, развитие промышленных, транспортных и других комплексов;
- стихийные природные явления, способные вызывать аварии и катастрофы на промышленных и иных объектах.

В России, в силу ее особенностей, связанных со структурными изменениями в экономике, к числу источников чрезвычайной техногенной опасности также относят:

- остановку ряда производств, обусловившую нарушение хозяйственных связей и сбои в технологических цепочках;

- высокий уровень износа основных производственных средств, достигающих по ряду отраслей 80 % и более;
- накопление отходов производства и быта, представляющих угрозу распространения токсичных веществ в природной среде;
- снижение требовательности и эффективности работы надзорных организаций и государственных инспекций;
- снижение технологической и трудовой дисциплины работающих.

Основные причины крупных техногенных аварий в последние годы:

- отказ технических систем вследствие дефектов изготовления и нарушения режимов эксплуатации; многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них весьма высока и оценивается величиной 10^{-4} и более;
- ошибочные действия операторов технических систем; статистические данные показывают, что более 60 % аварий произошло в результате ошибок обслуживающего персонала;
- концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимовлияния.

Одной из распространенных причин пожаров и взрывов, особенно на объектах нефтегазового и химического производства и при эксплуатации средств транспорта, являются разряды статического электричества.

Радиационные аварии

Авария радиационная – потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными явлениями или иными причинами, которые могут привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

К настоящему времени произошло немало радиационных аварий различной тяжести на предприятиях ядерной энерготехнологии, в медицине и в промышленной радиографии. Особое место среди них занимает Чернобыльская трагедия 1986 г. Это крупнейшая техногенная катастрофа XX века. Только

в России общая площадь радиоактивного загрязнения с плотностью свыше 1 Ки/км по цезию-137 достигает более 50 тыс. км². На этих территориях в настоящее время проживает более 3 млн человек.

Из всех объектов, использующих источники ионизирующих излучений, наибольшую опасность как возможные источники радиоактивных загрязнений окружающей среды и радиационного облучения населения представляют предприятия ядерного топливного цикла. К ним относятся:

- предприятия, осуществляющие добычу ядерного топлива, его переработку, транспортировку топлива и его отходов;
- системы ядерного оружия, заводы по их производству и переработке, склады (базы) такого оружия;
- атомный военный и гражданский флоты;
- предприятия по изготовлению тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ);
- атомные станции;
- хранилища использованного ядерного топлива;
- могильники отработанного ядерного топлива.

По назначению различают следующие ядерные реакторы: для исследовательских целей; для производства искусственных изотопов; для производства электрической и тепловой энергии (энергетические реакторы); для металлургии и химической технологии; для транспортных систем (корабли, летательные аппараты); для медицинских и технологических целей.

Особое место занимают атомные электростанции (АЭС). Это связано с тем, что именно в процессе работы станции образуется подавляющая часть искусственных радиоактивных продуктов, активность и концентрация которых в реакторе чрезвычайно высоки. Аварии на АЭС, как показывает практика, могут привести к попаданию радиоактивных веществ в окружающую природную среду и радиационному поражению людей, животных и растительности на значительных территориях.

Основным элементом любой атомной станции является ядерный реактор. Принципиальные схемы устройства большинства реакторов во многом одина-

ковы. Любой ядерный реактор состоит из активной зоны, систем защиты и управления мощностью и ряда вспомогательных систем.

Ядерная энергетика основана на использовании ядерного топлива, в качестве которого применяют три делящихся радионуклида: уран-235 – естественный радионуклид, два других – плутоний-239 и уран-238 – получают искусственным путем в процессе ядерного топливного цикла. Конечной целью цикла является получение электричества или теплоты.

По данным Международного агентства по использованию атомной энергии (МАГАТЭ), за последние 20 лет в 14 странах мира на АЭС имели место в среднем около 10 аварий различной тяжести в год. Основные причины аварий сведены в табл. 1.13. Аварии, как правило, приводят к выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду. В табл. 1.14 приведены сравнительные характеристики негативного воздействия ядерных взрывов и аварии на ЧАЭС.

Таблица 1.13

Основные причины аварий на АЭС

Причины аварий	Число аварий, %
Ошибки в проектах (дефекты)	30,7
Износ оборудования, коррозия	25,5
Ошибки оператора	17,5
Ошибки в эксплуатации	14,7
Прочие причины	11,6

Таблица 1.14

Сравнительные характеристики негативного воздействия ядерных взрывов и аварии на ЧАЭС

Характеристики загрязнения	Ядерный взрыв	Авария на ЧАЭС
Температура облака, °С	100000	2500
Высота подъема облака, км	10–20	0,5...1,0
Продолжительность существования облака, ч	10^2	>100
Активность радиоактивных веществ, Ки:		
через 1 час	$5 \cdot 10^{11}$	$5,6 \cdot 10^9$
через 1 год	$9 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^8$
через 10 лет	$3 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^7$

Химические аварии

Химические аварии – это чрезвычайные события, сопровождающиеся проливом или выбросом аварийно-опасных химических веществ (АХОВ), способные привести к гибели или химическому заражению людей, животных и др.

К высокотоксичным и токсичным химическим веществам относят органические и неорганические производные мышьяка, ртути, кадмия, свинца, таллия, минеральные и органические кислоты, щелочи, аммиак, соединения серы, некоторые спирты и альдегиды кислот, хлор, фосген, хлористый и бромистый метил и их производные и др. К малотоксичным и нетоксичным химическим веществам относят основную массу химических соединений. Они, по существу, не представляют особой химической опасности для человека и животных.

Особую группу веществ составляют пестициды – препараты, предназначенные для борьбы с вредителями сельского хозяйства, сорняками и т. п. Многие из пестицидов весьма опасны для человека, однако привести к массовым санитарным потерям они не могут. По химическому строению пестициды можно разделить на восемь групп:

- фосфорорганические соединения (паратион, карбофос, хлорофос, дихлофос и др.);
- карбоматы (севин, карботин и др.);
- хлорорганические соединения (ДЦТ, дильдрин, гексахлоран);
- ртутьорганические соединения (метилртуть, ацетат метоксиэтилртути и др.);
- производные феноксиуксусной кислоты;
- производные дипиридила (паракват, дикват и др.);
- органические нитросоединения (динитроортокрезол – ДНОК, динитрофенол – ДНФ);
- прочие.

Большинство из вышеперечисленных химических веществ может стать причиной тяжелого поражения человека. Однако привести к массовым людским потерям в результате аварий, сопровождаемых выбросами (утечками),

могут не все из них, включая даже высокотоксичные вещества. Только часть химических соединений при сочетании определенных физико-химических и токсических свойств и имеющих способность легко переходить в аварийных ситуациях в основное поражающее состояние (пар или тонкодисперсный аэрозоль), а также при крупнотоннажности производства, потребления, хранения и перевозок может стать причиной массовых поражений людей. Эти химические соединения и относят к АХОВ, воздействие которых может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

В зависимости от поражающего действия на организм человека все АХОВ подразделяются на шесть групп.

1. Вещества с преимущественным удушающим действием. К ним относятся хлор, хлорпикрин, треххлористый фосфор, хлориды серы, фосген и др. Для них главным объектом воздействия являются дыхательные пути. Некоторые агенты этой группы воздействуют на слизистые органов дыхания и глаз, вызывают сильное их раздражение, а вслед за этим воспалительно-некротические изменения слизистых дыхательных путей.

2. Вещества преимущественно общеядовитого действия. К ним относятся окись углерода, синильная кислота, оксиды азота, сероводород, цианиды и др. Они способны вызывать острые нарушения энергетического обмена, что в тяжелых случаях может стать причиной гибели пораженных. Для этих веществ характерно бурное течение интоксикации.

3. Вещества удушающего и общеядовитого действия. К ним относятся сернистый ангидрид, сероводород, акрилонитрил, окислы азота и др. Они способны при ингаляционном воздействии вызывать токсический отек легких, а при кожно-резорбтивном воздействии – нарушать энергетический обмен.

4. Нейротропные яды – вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса. Типичными их представителями являются сероуглерод и фосфорорганические соединения.

5. Вещества удушающего и нейротропного действия. Типичным и наиболее массовым представителем таких веществ является аммиак. При ингаля-

ционном его воздействии в течение 60 мин с концентрацией $1,5 \text{ г/м}^3$ возникает токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы. При концентрации $3,5 \text{ г/м}^3$ в течение нескольких минут может проявиться общерезорбтивное действие, а в первые же минуты – раздражающее, вызывая спазмы, угнетение дыхательного центра и сердечной деятельности. В последующем поражение парами аммиака приводит к развитию воспалительных процессов верхних дыхательных путей и токсическому отеку легких. Оказывает выраженное действие на центральную нервную систему – возбуждение, судороги.

6. Метаболические яды (окись этилена, бромистый метил, диоксины, метилхлорид, дихлорэтан и др.). Отравление такими АХОВ характеризуется отсутствием первичной реакции на яд и сопровождается длительным скрытым периодом. Даже при смертельных поражениях от первых проявлений заболевания до летального исхода проходят недели, а иногда месяцы. В патологический процесс постепенно вовлекаются многие органы, но ведущими являются центральная нервная и кровеносная системы, печень, почки.

Химически опасными объектами (ХОО) называют такие объекты, на которых хранят, перерабатывают и используют или транспортируют опасные химические вещества и при авариях на которых может произойти гибель или химическое заражение людей, животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды. На начало нового тысячелетия в России было более 3300 ХОО. Наиболее химически опасными регионами России являются Башкортостан, Воронежская, Волгоградская, Саратовская, Тульская, Нижегородская, Архангельская, Ленинградская и Московская области, города Челябинск, Екатеринбург, Дзержинск, Иркутск и др. Только в Нижегородской области имеется 188 таких объектов.

По принятой в Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) методике все ХОО подразделяются по классам опасности (4 класса): критический объект; чрезвычайно опасный объект; очень опасный объект; потенциально опасный объект. Наиболее опасным является первый класс.

Наряду с объектами, химически опасными бывают и территории. Принято считать, что если в городе, районе, области имеются химически опасные объекты, то данная административно-территориальная единица также является химически опасной. Критерием, характеризующим степень такой опасности, является процент населения, которое может оказаться в зоне возможного химического заражения. В этом случае все территории также подразделяются по степеням опасности (4 степени):

- в зоне возможного химического заражения проживает более 50 % населения территории;
- проживает 30–50 % населения территории;
- проживает 10–30 % населения территории;
- проживает менее 10 % населения территории.

Исходя из приведенных показателей, химически опасными можно считать 90 % субъектов России.

Объекты с химически опасными веществами могут быть источниками залповых выбросов АХОВ в атмосферу, сброса АХОВ в водоемы «химического» пожара с поступлением токсических веществ в окружающую среду, разрушительных взрывов, химического заражения объектов и местности в районе аварии и в следе распространения облака АХОВ, обширных зон задымления в сочетании с токсичными продуктами. Каждый из перечисленных видов опасности по месту и времени может проявляться отдельно, последовательно и в сочетании с другими опасностями, а также может быть неоднократно повторен, в том числе и в различных комбинациях.

В результате химической аварии образуется зона химического заражения. Это территория, в пределах которой распространены или привнесены химически опасные вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, животных и растений в течение определенного времени. Размеры этой зоны зависят от типа АХОВ, выброшенного количества АХОВ, метеоусловий и топографических особенностей местности. Внешние

границы зоны химического заражения обычно соответствуют пороговому значению токсодозы при ингаляционном воздействии на человека. Внутри этой зоны выделяют очаг химического заражения и зоны: смертельных токсодоз, поражающих токсодоз и пороговую (дискомфортную) зону.

Очагом химического заражения называют территорию, на которой образовался источник химического заражения или аварийного разлива АХОВ. Его радиус зависит от вида АХОВ и условий хранения. При аварийном разливе АХОВ в поддон или обваловку внешние границы очагов химического заражения соответствуют границам обваловки или диаметру поддона. При свободном разливе АХОВ на подстилающей поверхности толщина слоя (В) жидкости принимается равной 0,05 м по всей площади разлива.

Зона смертельных токсодоз – это территория, на внешней границе которой 50 % людей получают смертельную токсодозу. Здесь облако АХОВ обладает наибольшими поражающими возможностями. Часто за радиус зоны смертельных токсодоз принимают радиус района аварии, который зависит от вида АХОВ и условий его хранения. При проведении практических расчетов рекомендуется значение радиуса района аварии принимать равным при разрушении емкостей в 50 т: для низкокипящих жидких АХОВ – 0,5 км, для высококипящих АХОВ – 0,2–0,3 км. При возникновении пожаров в ходе химической аварии радиус увеличивается в 1,5–2,0 раза.

Зона поражающих токсодоз или зона опасного химического заражения – это территория, на внешней границе которой 50 % людей получают поражающую токсодозу, вызывающую потерю их трудоспособности. Удаление внешних границ этой зоны от аварийных емкостей даны в СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия ГО».

Пороговая (дискомфортная) зона – территория, на внешней границе которой люди сохраняют работоспособность, но испытывают дискомфорт, начинается обострение хронических заболеваний или появляются первые признаки интоксикации. Эти зоны, в зависимости от метеоусловий, могут иметь различные размеры и форму. Расчет дискомфортных зон ведется по ОНД-86.

Пожары и взрывы

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства (Закон РФ «О пожарной безопасности»).

В основе любого пожара лежит физико-химическая реакция горения, для возникновения которой необходимо наличие трех обязательных компонентов – горючего вещества, окислителя и источника зажигания. Таким образом, принято говорить о «треугольнике пожара» (рис. 1.18), вершины которого образованы компонентами, необходимыми для горения, – горючим веществом (ГВ), источником зажигания (ИЗ) и окислителем (O_2), а стороны определяют связи между этими компонентами. Если убрать один из этих компонентов или нарушить связь хотя бы между двумя из них, – горение прекратится. На этом принципе основаны все методы пожаротушения.

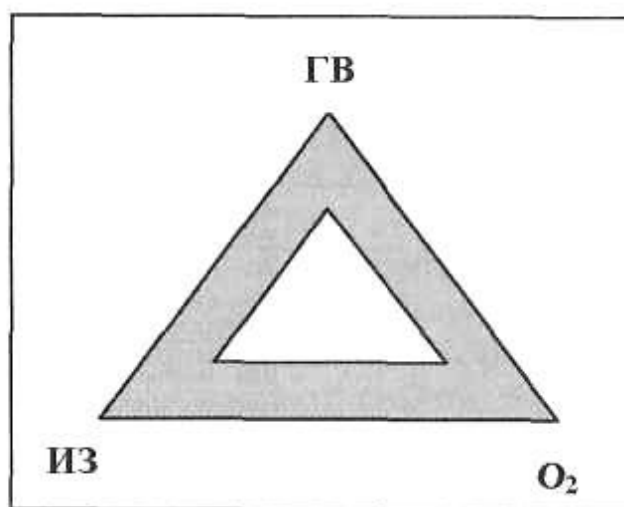


Рис. 1.18. «Треугольник пожара»:

ГВ – горючее вещество; O_2 – окислитель; ИЗ – источник зажигания

Процесс горения может происходить в различных формах.

Вспышка – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Возгорание – возникновение горения под воздействием источника зажигания.

Воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Самовозгорание – явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения вещества (материала, смеси) *при отсутствии источника зажигания*. Сущность и различия процессов возгорания и самовозгорания пояснены ниже.

Самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Возникновение горения может произойти при температуре окружающей среды ниже температуры самовоспламенения. Это обуславливается склонностью веществ или материалов к окислению и условиями аккумуляции в них теплоты, выделяющейся при окислении, что может вызвать самовозгорание. Таким образом, возникновение горения веществ и материалов при воздействии тепловых импульсов с температурой *выше температуры воспламенения* (или самовозгорания) характеризуется как возгорание, а возникновение горения при температурах *ниже температуры самовоспламенения* относится к процессу самовозгорания.

В зависимости от импульса процессы самовозгорания подразделяют на тепловые, микробиологические и химические.

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Показатели взрыво- и пожарной опасности веществ. Пожаро- и взрывоопасность веществ и материалов определяются показателями, характеризующими предельные условия возникновения горения и максимальную опасность, создаваемую при возникшем горении. При этом необходимо помнить, что собственно сгорание веществ и материалов, как правило, происходит в газовой фазе. Поэтому характер показателей и их количество зависят от агрегатного состояния горючих материалов.

Минимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется **нижним концентрационным пределом воспламенения**.

Максимальная концентрация горючих газов и паров, при которой еще возможно распространение пламени, называется **верхним концентрационным пределом воспламенения**.

Область составов и смесей горючих газов и паров с воздухом, лежащих между нижним и верхним пределами воспламенения, называется областью воспламенения.

На рис. 1.19 схематически показаны верхний и нижний концентрационные пределы распространения пламени (ВКПР и НКПР). Горение возможно в области составов между НКПР и ВКПР, называемой областью воспламенения. Вне этой области горение в режиме распространения пламени невозможно.

Концентрационные пределы воспламенения непостоянны и зависят от ряда факторов. Наибольшее влияние на пределы воспламенения оказывают мощность источника воспламенения, примесь инертных газов и паров, температура и давление горючей смеси.

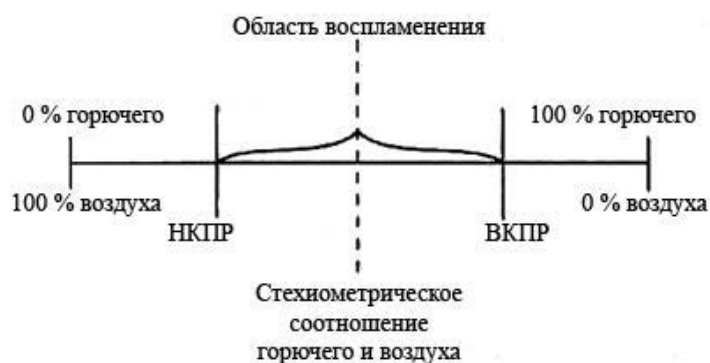


Рис. 1.19. Схема концентрационных пределов распространения пламени

Для многокомпонентных горючих смесей расчет пределов (в процентах) производится по правилу Ле-Шателье:

$$\varphi = \frac{100}{\frac{c_1}{\varphi_1} + \frac{c_2}{\varphi_2} + \dots + \frac{c_n}{\varphi_n}},$$

где φ — предел воспламенения (верхний и нижний); $c_1, c_2 \dots c_n$ — содержание горючих компонентов, % от суммарного содержания горючих компонентов,

т. е. $c_1 + c_2 + \dots + c_n = 100 \%$; $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ – соответствующие (верхние или нижние) пределы воспламенения горючих компонентов, %.

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. Горение жидкостей происходит только в паровой фазе. Скорость испарения и количество паров над жидкостью зависят от природы жидкости и ее температуры. Значения температуры жидкости, при которых концентрация насыщенных паров в воздухе над жидкостью равна концентрационным пределам воспламенения, называются температурными пределами воспламенения (нижним и верхним соответственно).

Процесс воспламенения и горения жидкостей можно представить следующим образом. Для воспламенения необходимо, чтобы жидкость была нагрета до определенной температуры (не меньшей, чем нижний температурный предел воспламенения). После воспламенения скорость испарения должна быть достаточной для поддержания постоянного горения. Эти особенности горения жидкостей характеризуются температурами вспышки и воспламенения.

Температурой вспышки называется наименьшее значение температуры жидкости, при которой над ее поверхностью образуется паровоздушная смесь, способная вспыхивать от постороннего источника зажигания. Устойчивого горения жидкости при этом не возникает. По температуре вспышки жидкости делятся на **легковоспламеняющиеся (ЛВЖ)** с $t_g < 61 \text{ }^\circ\text{C}$ (спирты, ацетон, бензин и др.) и **горючие (ГЖ)** – с $t_g > 61 \text{ }^\circ\text{C}$ (масла, мазуты, глицерин и др.).

Температурой воспламенения называется наименьшее значение температуры жидкости, при которой интенсивность испарения ее такова, что после зажигания внешним источником возникает самостоятельное пламенное горение. Для легковоспламеняющихся жидкостей температура воспламенения обычно на 1–5 $^\circ\text{C}$ выше температуры вспышки, а для горючих жидкостей эта разница может достигать 30–35 $^\circ\text{C}$.

Паровоздушные смеси, так же как и газовоздушные, являются взрывоопасными.

Пример оценки возможности образования взрывоопасной концентрации ЛВЖ в производственном помещении

Определить, возможно ли образование взрывоопасной концентрации в боксе объемом 35 м^3 , если при $T = 293 \text{ К}$ в нем полностью испарился разлитый ацетон объемом 5 л. Считать пары ацетона идеальным газом.

Исходные данные:

молярная масса ацетона $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}$;

плотность жидкого ацетона $\rho = 790 \text{ кг/м}^3$;

объем 1 кмоль идеального газа при $T = 293 \text{ К}$ $V_0 = 24 \text{ м}^3/\text{кмоль}$;

концентрационные пределы воспламенения ацетона 2,9–13 % об.

Решение

1. Определяем массу разлитой жидкости:

$$M_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}} = 790 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 3,95 \text{ кг}.$$

2. Определяем плотность паров ЛВЖ:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M}{V_0} = \frac{58,08}{24} = 2,42 \text{ кг/ м}^3.$$

3. Вычисляем объем паров ЛВЖ (учитывая, что $M_{\text{п}} = M_{\text{ж}}$):

$$V_{\text{пар}} = \frac{M_{\text{ж}}}{\rho_{\text{п}}} = \frac{3,95}{2,42} = 1,63 \text{ м}^3.$$

4. Процентное содержание паров ЛВЖ в объеме помещения:

$$\varphi = \frac{V_{\text{пар}}}{V_{\text{п}}} \cdot 100 \% = \frac{1,63}{35} 100 \% = 4,66 \%.$$

Таким образом, при полном испарении разлитого ацетона концентрация его паров в воздухе будет взрывоопасной.

Горение и взрывоопасные свойства пылей. Способностью образовывать с воздухом взрывоопасные смеси обладают также взвешенные в воздухе *пыли* многих твердых горючих веществ.

Для воспламенения пылевоздушной смеси необходимо, чтобы концентрация пыли в воздухе была не менее нижнего концентрационного предела воспламенения. Концентрация пыли в воздухе измеряется в $[\text{г/м}^3]$ или $[\text{мг/л}]$. Верхний концентрационный предел воспламенения пылевоздушных смесей

в большинстве случаев является очень высоким и трудно достижимым (для торфяной пыли – 2200 г/м^3 , сахарной пудры – 13500 г/м^3). Для воспламенения пылевоздушной смеси необходим источник зажигания с достаточной тепловой энергией – порядка нескольких мегаджоулей и более.

В зависимости от значения нижнего концентрационного предела воспламенения пыли подразделяют на *взрыво-* и *пожароопасные*. К **взрывоопасным** относят пыли с нижним пределом воспламенения до 65 г/м^3 (пыли серы, сахара, муки), к **пожароопасным** – выше 65 г/м^3 (табачная и древесная пыль).

Концентрационные пределы воспламенения пылей не являются постоянными и зависят от дисперсности, содержания летучих, зольности и температуры источника воспламенения.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определение пожара. Какие условия необходимы для возникновения горения?
2. Дайте краткую характеристику форм горения: вспышки, воспламенения, самовозгорания, самовоспламенения, взрыва.
3. Сформулируйте понятие верхнего и нижнего пределов воспламенения (распространения пламени).
4. Что такое температура вспышки? Температура воспламенения?
5. Какие жидкости относятся к легковоспламеняющимся жидкостям (ЛВЖ)?
6. Какие жидкости относятся к горючим жидкостям (ГЖ)?
7. По какому критерию осуществляется подразделение пылей на взрывоопасные и пожароопасные?

Задачи

1. При условиях рассмотренного примера определить возможность образования взрывоопасной смеси при разливе 2 л ацетона.
2. Определить пределы взрываемости смеси газов следующего состава:

компонент	метан	пропан	бутан
содержание в смеси, об. %	55	35	10
пределы взрываемости	5,28–15,4	2,31–9,5	1,8–8,5

Указание: воспользоваться формулой Ле-Шателье.

1.4. Взрывоопасность как травмирующий фактор производственной среды

В производстве в большом количестве используются приборы, аппараты, технологические процессы, содержащие вещества, способные при определенных условиях образовывать взрывоопасную среду.

Взрыв или возгорание газовой, паровой смеси или пыли наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе. При взрыве образуется **ударная волна**. Действие ударной волны на объект характеризуется сложным комплексом нагрузок: избыточным давлением, давлением скоростного напора, давлением затекания и т. д.; значение их зависит в основном от массы углеводородного соединения или взрывчатых веществ, их вида, расстояния от того или иного элемента инженерно-технического комплекса, его архитектурно-строительной характеристики и некоторых других факторов. Учесть все эти факторы в совокупности невозможно, поэтому сопротивляемость элементов действию ударной волны принято характеризовать избыточным давлением во фронте ударной волны – ΔP_{ϕ} (разность между максимальным давлением во фронте ударной волны и нормальным атмосферным давлением перед этим фронтом). Степени разрушения строительных конструкций, оборудования, машин и коммуникаций, а также поражение людей зависят от избыточного давления.

Расчеты оценки действия взрыва горючих химических газов и жидкостей сводятся к определению избыточного давления во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}) при взрыве газовой смеси на определенном расстоянии (R) от емкости, в которой хранится определенное количество (Q) взрывоопасной смеси.

При моделировании последствий взрыва условно выделяются следующие зоны:

- зона детонации. Избыточное давление в этой зоне составляет 1700–1350 кПа;
- зона действия продуктов взрыва: $\Delta P_{\phi} = 1350–700$ кПа;

- зона воздушной ударной волны. В пределах этой зоны для ориентировочной оценки степени разрушения зданий и сооружений выделяют:
 - зону полных разрушений: $\Delta P_{\phi} \geq 50$ кПа;
 - зону сильных разрушений: $50 \text{ кПа} < \Delta P_{\phi} \leq 30$ кПа;
 - зону средних разрушений: $30 \text{ кПа} < \Delta P_{\phi} \leq 20$ кПа;
 - зону слабых разрушений: $20 \text{ кПа} < \Delta P_{\phi} \leq 10$ кПа.

Для ориентировочного определения избыточного давления ударной волны ΔP_{ϕ} , кПа, пользуются эмпирическими формулами:

при $\Psi < 2$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3\sqrt{1 + 29,8\Psi^3 - 1}},$$

при $\Psi > 2$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{22}{\Psi\sqrt{\lg\Psi + 0,158}},$$

где Ψ – эмпирический коэффициент, зависящий от R , м, и Q , т, и определяемый по формуле

$$\Psi = 0,24 \frac{R}{11,3\sqrt[3]{\sqrt{Q \cdot k_{\text{ЭКВ}}}}},$$

где Q – количество взрывчатого вещества, т;

$k_{\text{ЭКВ}}$ – коэффициент эквивалентности взрывчатого вещества по тротилу.

Пример расчета избыточного давления ударной волны

Оценить последствия взрыва газозвушной смеси на складе хранения баллонов с пропаном.

Исходные данные:

количество пропана $Q = 0,27$ т;

коэффициент эквивалентности по тротилу $k_{\text{ЭКВ}} = 3,74$;

расстояние до цеха $R = 72$ м;

прочностные характеристики цеха:

- слабые разрушения 10–20 кПа;
- средние разрушения 20–30 кПа;
- сильные разрушения 30–40 кПа;
- полные разрушения > 40 кПа.

Решение

1. Определяем эмпирический коэффициент Ψ :

$$\Psi = 0,24 \frac{R}{11,3\sqrt{Q \cdot k_{\text{экв}}}} = 0,24 \frac{72}{11,3\sqrt{0,27 \cdot 3,74}} = 1,52.$$

2. Определяем избыточное давление ударной волны:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3\sqrt{1 + 29,8\Psi^3} - 1} = \frac{700}{3\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,52^3} - 1} = 23,36 \text{ кПа.}$$

$\Delta P_{\phi} = 23,36$ кПа, следовательно, здание цеха получит средние разрушения.

Максимальные значения избыточного давления во фронте ударной волны составляют при взрыве газозадушной смеси 800 кПа, пылей – 700 кПа, паровоздушной смеси – 100–200 кПа. Если принять во внимание, что в производственных условиях взрывы, как правило, происходят в замкнутом помещении, то полное избыточное давление формируется за счет процессов отражения механической волны от стен и составляет величину в 5 – 6 раз большую избыточного давления, возникшего при взрыве.

Действие ударной волны на человека, здания и сооружения. Насколько велики представленные значения избыточного давления при взрывах, можно оценить по следующим примерам: для разрушения армированного остекления зданий требуется 5–10 кПа, деревянных строений – 10–20 кПа, кирпичных зданий – 25–30 кПа, железобетонных конструкций стен цеха – 100–150 кПа.

Прямое воздействие ударной волны на людей и животных возникает в результате воздействия избыточного давления и скоростного напора воздуха. Вследствие небольших размеров тела человека ударная волна мгновенно охва-

тывает и подвергает его сильному сжатию в течение нескольких секунд. Мгновенное повышение давления воспринимается живым организмом как резкий удар. Скоростной напор при этом создает значительное лобовое давление, которое может привести к перемещению тела в пространстве. Косвенные поражения людей и животных могут произойти в результате ударов осколков стекла, шлака, камней, дерева и других предметов, летящих с большой скоростью.

Степень воздействия ударной волны зависит от мощности взрыва, расстояния, метеоусловий, местонахождения (в здании, на открытой местности) и положения человека (лежа, сидя, стоя) и характеризуется легкими, средними, тяжелыми и крайне тяжелыми травмами.

Избыточное давление во фронте ударной волны 10 кПа и менее для людей и животных, расположенных вне укрытий, считается безопасным.

Легкие поражения наступают при избыточном давлении 20–40 кПа. Они выражаются кратковременными нарушениями функций организма (звоном в ушах, головокружением, головной болью). Возможны вывихи, ушибы.

Поражения средней тяжести возникают при избыточном давлении 40–60 кПа. При этом могут быть вывихи конечностей, контузии головного мозга, повреждение органов слуха, кровотечения из носа и ушей.

Тяжелые контузии и травмы возникают при избыточном давлении 60–100 кПа. Они характеризуются выраженной контузией всего организма, переломами костей, кровотечениями из носа, ушей; возможно повреждение внутренних органов и внутреннее кровотечение.

Крайне тяжелые контузии и травмы у людей возникают при избыточном давлении более 100 кПа. Отмечаются разрывы внутренних органов, переломы костей, внутренние кровотечения, сотрясение мозга с длительной потерей сознания. Разрывы наблюдаются в органах, содержащих большое количество крови (печени, селезенке, почках), наполненных газом (легких, кишечнике), имеющих полости, наполненные жидкостью (головном мозге, мочевом и желчном пузырях). Эти травмы могут привести к смертельному исходу.

Радиус поражения обломками зданий, особенно осколками стекол, разрушающихся при избыточном давлении 2–7 кПа, может превысить радиус непосредственного поражения ударной волной.

Воздушная ударная волна также действует на растения. Полное повреждение лесного массива наблюдается при избыточном давлении более 50 кПа. Деревья при этом вырываются с корнем, ломаются и отбрасываются, образуются сплошные завалы. При избыточном давлении 30–50 кПа повреждается около 50 % деревьев, а при избыточном давлении 10–30 кПа – до 30 % деревьев, создаются сплошные завалы. Молодые деревья более устойчивы, чем старые.

Основные причины взрывов на производстве. Источниками взрывоопасности на производстве могут быть установки, работающие под давлением: паровые и водогрейные котлы, компрессоры, воздухосборники (ресиверы), газовые баллоны, паро- и газопроводы и др.

Взрывы паровых котлов представляют собой мгновенное высвобождение энергии перегретой воды в результате такого нарушения целостности стенок котла, при котором возможно мгновенное снижение внутреннего давления до атмосферного, наружного. Приведенное здесь определение взрыва носит физический характер («физический» взрыв) и является адиабатическим, в отличие от «химического» взрыва, представляющего собой разновидность процесса горения.

На производстве применяются поршневые компрессоры, приводимые в действие двигателем внутреннего сгорания и смонтированные вместе с ресивером на раме-прицепе. Наружный воздух перед поступлением в рабочий цилиндр компрессора проходит через фильтр, где он очищается от пыли; горючая пыль представляет опасность взрыва. Возможно также образование взрывоопасных смесей из продуктов разложения смазочных масел и кислорода воздуха. Разложение смазочных масел происходит под действием высоких температур, развивающихся в компрессорах в процессе сжатия воздуха.

Взрывы баллонов во всех случаях представляют опасность, независимо от того, какой газ в них содержится. Причинами взрывов могут быть удары (падения) как в условиях повышения температур от нагрева солнечными лучами или ото-

пительными приборами, так и при низких температурах и переполнении баллонов сжиженными газами. Взрывы кислородных баллонов происходят при попадании масел и других жирowych веществ во внутреннюю область вентиля и баллона, а также при накоплении в них ржавчины (окалины). В связи с этим кислородные баллоны перед их наполнением промывают растворителями (дихлорэтаном, трихлорэтаном). Взрывы баллонов могут происходить и при ошибочном заполнении баллонов другим газом, например кислородного баллона горючим газом. Поэтому введена четкая маркировка баллонов, в силу которой все баллоны окрашивают в цвета, присвоенные каждому газу, а надписи на них делают другим цветом, также определенным для каждого газа. Баллоны для сжатых газов, принимаемые заводами-наполнителями от потребителей, должны иметь остаточное давление не менее 0,05 МПа, а баллоны для растворенного ацетилена – не менее 0,05 и не более 0,1 МПа. Остаточное давление позволяет определить, какой газ находится в баллонах, проверить герметичность баллона и его арматуры и гарантировать непроникновение в баллон другого газа или жидкости. Кроме того, остаточное давление в баллонах для ацетилена препятствует уносу ацетона-растворителя ацетилена (при меньшем давлении унос ацетона увеличивается, а уменьшение количества ацетона в баллоне повышает взрывоопасность ацетилена).

Ударная волна, образующаяся при взрыве газовых баллонов высокого давления, достигает величины 300–800 кПа.

Опасные факторы пожара. Любой пожар сопровождается проявлением опасных факторов пожара. **Опасный фактор пожара (ОФП)** – фактор пожара, воздействие которого приводит к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу.

Опасные факторы пожара (ОФП), воздействующие на людей и материальные ценности:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;

- снижение видимости в дыму;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;
- опасные факторы взрыва, произошедшего в результате пожара;
- воздействие огнетушащих веществ.

Около 73 % погибших при пожарах погибают от воздействия на них токсичных продуктов горения, около 20 % – от действия высокой температуры, около 5% – от пониженного содержания кислорода. Остальные погибают от травм, полученных в результате обрушения строительных конструкций, разлета осколков при взрыве, вследствие обострения и проявления скрытых заболеваний и психических факторов.

При пожарах, как правило, наблюдается сочетанное воздействие сразу нескольких ОФП. Предполагается, что полный поражающий эффект от такого воздействия будет больше, чем от простого суммирования воздействий отдельных составляющих. Такое явление, когда результат взаимодействия не является простой суммой частных действий, а порождает качественно новые результаты, зависящие от всей совокупности взаимодействий, носит название **синергизм**. Однако пока еще нет достоверных данных, подтверждающих или опровергающих это предположение.

Основополагающим документом, содержащим требования пожарной безопасности, является Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Этот документ регламентирует требования к мероприятиям по пожарной профилактике.

В соответствии с этим документом объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений, на требуемом уровне. При определении требуемого уровня обеспечения пожарной безопасности людей принимается, что вероятность предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека должна быть не менее 0,999999, а допустимый уровень пожарной опасности для людей – не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

В табл. 1.15 приведены предельные значения опасных факторов пожара.

Таблица 1.15

Предельные значения опасных факторов пожара

Опасный фактор	Предельное значение
Температура среды	70 °С
Тепловое излучение	500 Вт/м ²
Содержание оксида углерода	0,1 % (об.)
Содержание диоксида углерода	6 % (об.)
Содержание кислорода	Менее 17 % (об.)
Показатель ослабления света дымом на единицу длины	2,4

По масштабам и интенсивности пожары можно подразделить на следующие виды:

- отдельный пожар, возникающий в отдельном здании (сооружении) или в небольшой группе зданий;
- сплошной пожар, характеризующийся одновременным интенсивным горением преобладающего числа зданий и сооружений на определенном участке застройки (более 50 %);
- огневой шторм, особая форма распространяющегося сплошного пожара, образующаяся в условиях восходящего потока нагретых продуктов сгорания и быстрого поступления в сторону центра огневого шторма значительного количества свежего воздуха (ветер со скоростью 15 м/с и более);

– массовый пожар, образующийся при наличии в местности совокупности отдельных и сплошных пожаров.

Распространение пожаров и превращение их в сплошные пожары определяется плотностью застройки территории объекта. О влиянии плотности размещения зданий и сооружений на вероятность распространения пожара можно судить по ориентировочным данным, приведенным ниже:

Расстояние между зданиями, м	0	5	10	15	20	30	40	50	70	90
Вероятность распространения пожара, %	100	87	66	47	27	23	9	3	2	0

Контрольные вопросы

1. Какие зоны условно выделяются при моделировании последствий взрыва?
2. Как определить степень разрушения зданий и сооружений под действием ударной волны?
3. Как зависит степень поражения людей от значения избыточного давления во фронте ударной волны?
4. Перечислите основные причины взрывов на производстве.
5. Что такое опасный фактор пожара?
6. Перечислите опасные факторы пожара.
7. Что относится к вторичным проявлениям опасных факторов пожара?
8. Чему равен приемлемый риск воздействия опасных факторов пожара на человека?

Задача. Оценить последствия взрыва баллонов с ацетиленом, если количество ацетилена составляет 0,31 т, а расстояние до здания цеха 65 м. Коэффициент эквивалентности по тротилу $k_{\text{экв}} = 3,82$.

Прочностные характеристики цеха:

- слабые разрушения 10–20 кПа;
- средние разрушения 20–30 кПа;
- сильные разрушения 30–50 кПа;
- полные разрушения > 50 кПа.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОКСОЛОГИИ

С созданием техносферы, в которой в развитых странах мира реально проживает более 75 % населения, человечество стало нести значительные принудительные людские потери от так называемых внешних причин.

К основным поражающим факторам техногенного характера обычно относят термический – 56 %, взрывной 29 %, агрессивные или токсические свойства АХОВ – около 10 % всех причин разрушительного воздействия.

Анализ современного мира опасностей, возникающих вследствие влияния на человека и окружающую его среду избыточных потоков веществ, энергии и информации, показывает, что растет номенклатура опасностей, уровень и масштаб их воздействия. Негативное воздействие опасностей в наивысшей степени проявляется в условиях техносферы, где господствуют постоянно действующие техногенные, антропогенные, антропогенно-техногенные и естественные опасности. Стремительно растет число чрезвычайных опасностей в региональных и глобальных масштабах. Непрерывно растет ущерб от воздействия опасностей.

Настало время, когда знания о природе опасностей, их возможном негативном влиянии на человека и природу необходимо донести до каждого и на основе этих знаний вооружить всех жителей нашей планеты умениями и навыками по локализации или устранению опасностей. Ниже изложены основы ноксологии – науки об опасностях современного мира.

В XXI веке перед человечеством необратимо встали задачи повышения уровня безопасности своего существования и сохранения природы в условиях развития техносферы. Это привело к необходимости распознавать, оценивать и прогнозировать опасности, действующие на человека и природу в условиях их непрерывного взаимодействия с техносферой. Стало очевидным, что человеко- и природозащитную деятельность необходимо вести не только в практической области, но и на научной основе, создавая прежде всего теоретические предпосылки к формированию новой области научного знания – ноксологии.

2.1. Становление и развитие учения о человеко- и природозащитной деятельности

Реальность современной жизни такова, что созданная руками человека техносфера, призванная максимально защищать человека от естественных опасностей, превратилась в свою противоположность и стала основным источником опасностей. Происходящие в ней процессы приводят не только к людским жертвам, но и к уничтожению природной среды, ее глобальной деградации, что, в свою очередь, вызывает необратимые генетические изменения у людей.

Сейчас, как никогда ранее, человеку нужно знать: «Что же такое техносфера – благо или вред?». Ответ очевиден: «Конечно, благо», но это справедливо лишь при условии, когда создаваемая человеком техносфера обладает высоким качеством и по своим свойствам мало уступает природной среде.

Создание и опыт развития техносферы в XX–XXI вв. во многом свидетельствуют о том, что формирование качественной техносферы невозможно без знания и учета законов возникновения, воздействия и смягчения (или полного устранения) опасностей, действующих в ней. Очевидно, что создание качественной техносферы возможно лишь в том случае, если человек на всех этапах деятельности будет постоянно нацелен на разработку и совершенствование техники, технологий и жизненного пространства, не приносящих ущерба природе и здоровью человека. В связи с этим весьма актуальной задачей мирового сообщества, государств, общественных объединений и каждого человека становятся постоянные и эффективные усилия по противодействию техногенным, антропогенным и природным опасностям и прежде всего по исключению или смягчению побуждающих их причин.

Важным этапом современности является формирование научных основ учения о человеко- и природозащитной деятельности – учения о безопасности жизнедеятельности и защите окружающей природной среды.

Человек постоянно стремился к применению и развитию средств обеспечения своей безопасности. По значимости эта потребность всегда занимала

и занимает ведущее место после первоочередной потребности человека в обеспечении себя и своих близких пищей, водой и воздухом.

На рис. 2.1 показана классификация потребностей человека, предложенная А. Маслоу (1954). На схеме все потребности размещены в иерархическом порядке, причем потребность в безопасности, следуя непосредственно за физиологическими потребностями, присущими всему живому, является первой потребностью, удовлетворение которой требует чисто человеческого качества – разума. Разум нужен для предвидения развития событий и последствий своих действий, без чего обеспечение безопасности просто невозможно.



Рис. 2.1. Классификация потребностей человека (по А. Маслоу)

Отметим также, что многие человеческие потребности выросли из потребности в безопасности, и прежде всего потребность в социальных связях, в объединении людей в сообщество, которое повышает безопасность каждого его участника. При этом возникает общий интерес участников в безопасности самого сообщества, повышающий исходную личную потребность каждого в безопасности.

Реализацию потребностей в безопасности с применением защитных средств человек начал с применения палки или камня для борьбы с животными. Известный спор: «Чем являлась в руках человека палка – орудием нападения или средством защиты?» остается не решенным и поныне, хотя ответ на этот вопрос прост и очевиден. Человек в процессе охоты интуитивно не забывал о своей защите от возможного нападения животного, объединив в палке или камне функции орудия труда и средства защиты. Уже в ранние периоды жизни человек активно применял и другие средства защиты – пещеры для защиты от непогоды, плоты для преодоления водных преград и т. п.

Активную деятельность по защите от негативных воздействий, им же инициированных, человек начал с защиты от огня (табл. 2.1). Первые организованные действия по защите от пожаров в России относятся к началу XIX века, а защитная деятельность в производственной среде возникла во второй половине XX века.

Таблица 2.1

Этапы развития человеко- и природозащитной деятельности в России

Вид деятельности	Начало реализации организованной деятельности, период, год
Пожарная защита	сер. XVII в.
Техника безопасности	сер. XIX в.
Безопасность (охрана) труда	сер. XX в.
Госгортехнадзор	кон. XIX в.
Гражданская оборона	1938
Охрана (защита) окружающей среды	1972
Защита в чрезвычайных ситуациях	1990
Безопасность жизнедеятельности человека в техносфере	1990

В период после аграрной революции (середина XIX века) и до начала этапа научно-технической революции (30-е годы XX века), когда появились паровые, нефтяные и электрические двигатели, технологии получения и обработки металлов и ряд других технических решений, были реализованы первые научно-технические разработки в области безопасности труда, получившие название *техника безопасности*.

К середине XX века оно заменяется понятием *безопасность (охрана) труда*, которое включает в себя, кроме основ техники безопасности, широкий круг вопросов, связанных с соблюдением комфортных или допустимых условий труда.

Природозащитную деятельность человек также начал довольно давно. Первые вердикты о защите природы от вредного воздействия отдельных производств относятся к XIV веку, однако организованная и систематическая природозащитная деятельность развитых государств мира началась лишь в 50-е годы прошлого столетия, а в России – и того позднее, лишь в 1972 г.

Активная защитная деятельность в России в области чрезвычайных ситуаций начата в конце XX столетия с образованием Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) (образовано в декабре 1990 г.). Однако следует отметить, что государственная деятельность по предупреждению и ликвидации пожаров, аварий на транспорте в горнодобывающей отрасли (Госгортехнадзор) началась задолго до упомянутого срока.

Из сказанного выше следует, что к концу XX века человечество накопило необходимый опыт локальной и пофакторной защиты от негативных воздействий, таких как защита от пожаров, негативных факторов производства, чрезвычайных ситуаций, а также защита от отходов объектов экономики: защита атмосферного воздуха от загрязняющих выбросов, очистка сточных вод от примесей и т. п. Все это позволило к концу XX века сформировать в России три автономно действующих системы, решающих одну общую человеко- и природозащитную проблему. Классификация систем безопасности, реально существующих сегодня в России для защиты человека и природы, приведена в табл. 2.2.

С 90-х годов прошлого столетия в России развивается интегральная система обеспечения безопасности людей – «Безопасность жизнедеятельности человека в техносфере», которая решает задачу комплексного обеспечения безопасности в системе *человек–среда обитания* для техногенных условий обитания.

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – *наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека с техносферой*. (Понятие «Безопасность жизнедеятельности» формализовано впервые в России в 1990 г. решением

Коллегии Государственного комитета СССР по народному образованию № 8/3 от 27.04.90, которое имело название «О мерах по созданию системы непрерывного образования в области безопасности жизнедеятельности».)

Цель БЖД – создание защиты человека в техносфере от внешних негативных воздействий антропогенного, техногенного и естественного происхождения.

Объект науки о БЖД – человек, коллективы людей.

Предмет исследований в науке о БЖД – это опасности и их совокупности, действующие в системе *человек–источник опасности*, а также методы и средства защиты от опасностей.

Таблица 2.2

Классификация систем безопасности

Система безопасности	Объект защиты	Опасности, поле опасности
Безопасность (охрана) труда	Человек Группа людей	Опасности среды деятельности людей
Защита в чрезвычайных ситуациях	Человек Группа людей Техносфера Природная среда Материальные ресурсы	Естественные и техногенные чрезвычайные опасности
Охрана окружающей среды	Городские и иные селитебные зоны Природная среда и ее ресурсы	Опасные отходы техносферы, нерациональное использование природных ресурсов

Защита окружающей среды (ЗОС) – комплекс научных и практических знаний, направленных на сохранение качественного состояния биосферы (природной среды).

Цель ЗОС – защита биосферы от негативного воздействия техносферы.

Объект ЗОС – природная среда, а предмет исследования – это негативные воздействия техносферы на природу, средства и системы защиты биосферы от них. Задачи БЖД и ЗОС следует рассматривать совместно в рамках учения о техносферной безопасности.

Техносферная безопасность – сфера научной и практической деятельности, направленная на создание и поддержание техносферного пространства в качественном состоянии, исключающем его негативное влияние на человека и природу.

В БЖД и ЗОС источники негативного воздействия на человека и природу практически неразделимы. Так, например, негативное влияние ТЭС, средств транспорта, промышленных предприятий и т. п. на человека и природные зоны происходит всегда одновременно. В этих случаях реальная человеко- и природо-защитная ситуация в техносфере обычно сводится к решению задачи, показанной на рис. 2.2.

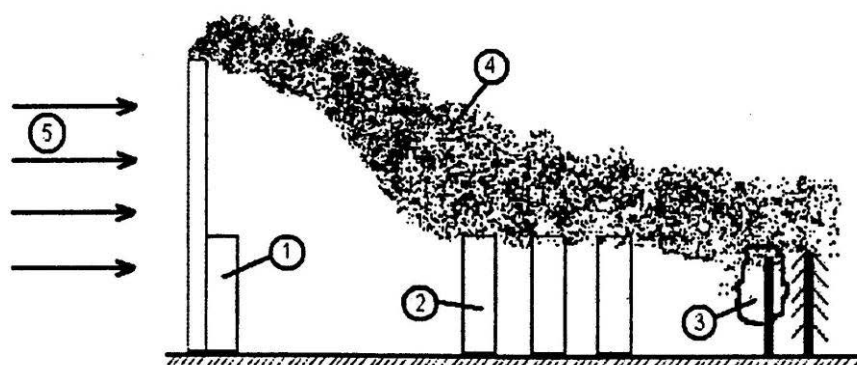


Рис. 2.2. Схема воздействия факела (4) токсичных веществ, поступающих в атмосферу от источника выбросов (1) на селитебную (2) и природную (3) зоны при направлении ветра (5)

Таким образом, создание техносферы высокого качества будет способствовать одновременному решению проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и защиты окружающей среды.

2.2. Принципы и понятия ноксологии

При создании любой новой области знаний основным шагом является формирование понятийного аппарата, описывающего эти научные области. Не явилась исключением и ноксология.

По современным представлениям научные знания в ноксологии опираются на основные принципы.

I принцип – принцип существования внешних негативных воздействий на человека и природу: человек и природа могут подвергнуться негативным внешним воздействиям.

На человека и природу постоянно воздействуют внешние по отношению к ним системы. Вполне вероятно, что некоторые из них способны причинять ущерб здоровью человека или угрожать природе.

II принцип – принцип антропоцентризма: человек есть высшая ценность, сохранение и продление жизни которого является целью его существования.

Реализация этого принципа делает приоритетной деятельность, направленную на сохранение здоровья и жизни человека при воздействии на него внешних систем. К ней относятся такие направления исследований, как идентификация опасностей и зон их действия, разработка и применение человекозащитных средств, контроль их состояния и т. п.

III принцип – принцип природоцентризма: природа – лучшая форма среды обитания биоты, ее сохранение – необходимое условие существования жизни на Земле.

Реализация этого принципа означает, что защита природы является второй по важности задачей учения ноксологии. При этом изучается негативное воздействие промышленных и бытовых отходов, техногенных аварий, селитебных и промышленных зон на региональные природные территории и акватории; анализируется воздействие опасных техногенных объектов на природу в межрегиональных, межконтинентальных и глобальных масштабах.

Деятельность по реализации второго и третьего принципов связана с идентификацией опасностей и зон их действия, возникающих при применении техники и технологий; с разработкой и применением экобиозащитных средств; с контролем качества их эксплуатации; с мониторингом опасностей в зоне пребывания людей и в природных зонах, испытывающих негативное влияние техносферы.

В то же время такие направления исследования и практические разработки, как достижение высокой надежности технических систем и технологий, создание высокопрочных строительных конструкций и т. п., в ноксологии имеют прикладное значение. Они реализуются авторами проектов технических объектов для достижения таких показателей, как допустимые отходы и допустимый техногенный риск.

IV принцип – принцип возможности создания качественной техносферы: создание человеком качественной техносферы принципиально возможно и достижимо при соблюдении в ней предельно допустимых уровней воздействия на человека и природу.

Этот принцип указывает на возможность достижения качественной техносферы и определяет пути достижения этой цели, основанные на знании человеком необходимости соблюдения нормативных требований по допустимым внешним воздействиям на человека и природу.

V принцип – принцип выбора путей реализации безопасного техносферного пространства: безопасное техносферное пространство создается за счет снижения значимости опасностей и применения защитных мер.

При защите от естественных опасностей воздействие на их источники невозможно, а защита от антропогенных опасностей достигается только за счет совершенствования источника опасностей (человека, его знаний об опасностях).

VI принцип – принцип отрицания абсолютной безопасности: абсолютная безопасность человека и целостность природы – недостижимы.

Этот принцип справедлив, поскольку, во-первых, на Земле всегда существуют естественные опасности и процессы потребления ресурсов и захоронения отходов; во-вторых, неизбежны антропогенные опасности; в-третьих, практически неустранимы полностью и техногенные опасности. Отметим, что во второй половине XX столетия в СССР были предприняты попытки нарушить этот принцип. Среди значительной части ученых и практиков в области безопасности труда и промышленной безопасности тогда возобладал лозунг

«От техники безопасности к безопасной технике», суть которого сводила решение всех проблем безопасности труда к созданию абсолютно надежных техники и технологий. Неправомерность такого подхода очевидна, поскольку:

- абсолютно безопасной техники не существует; любая техническая система обладает определенной ненадежностью, и ее безопасность оценивается показателями техногенного риска;

- техногенный риск полностью устранить нельзя, его можно лишь минимизировать;

- на любой технический объект всегда оказывается внешнее воздействие, способное в отдельных случаях нарушить его работу;

- в работе большинства технических систем принимает участие оператор, обладающий способностью принимать иногда ошибочные решения.

VII принцип: рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека и природы от опасностей. Этот принцип во многом соответствует принципу Ле-Шателье: «Эволюция любой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности».

Этот принцип указывает на позитивный вектор движения общества к решению проблем удовлетворения потребностей человека в безопасности. Путь движения многовариантен и основан прежде всего на росте культуры общества в вопросах безопасности жизнедеятельности человека и защиты окружающей среды.

В ноксологии используют ряд установившихся понятий.

Понятие *опасность* – свойство человека и компонент окружающей среды, способные причинять ущерб живой и неживой материи. Опасности техносферы возникают при достижении ее внешними потоками вещества, энергии и/или информации значений, превышающих способность к их восприятию любым объектом защиты без нарушения своей функциональной целостности, т. е. без причинения ущерба.

Применительно к БЖД термин *опасность* можно формулировать так: **опасность – негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья или к гибели.**

Применительно к ЗОС термин *опасность* можно формулировать в следующем виде: **опасность – негативное свойство систем материального мира, приводящее природу к деградации и разрушению.**

В определении понятия *опасность* формально отсутствует указание на необходимость совпадения координат и времени передачи опасных потоков от источника к объекту защиты. Но этого и не требуется, так как опасен весь материальный мир, окружающий человека, сообщества людей и т. п. Иными словами, вероятность проявления опасности по отношению к другим материальным объектам существует всегда и везде.

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 вероятность его воздействия (риск).

Понятие *безопасность объекта защиты* – состояние объекта защиты, при котором внешнее воздействие на него потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды не превышает максимально допустимых для объекта значений.

Понятие *защита от опасностей* – способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека и природу. Принципиально защиту объекта от опасностей реализуют снижением негативного влияния источников опасности (сокращением риска и размеров опасных зон); выведением объекта из опасной зоны; применением экобиозащитной техники и средств индивидуальной защиты.

Ряд понятий: *техносфера, жизнедеятельность, среда обитания, объект защиты, безопасность жизнедеятельности, защита окружающей среды, культура безопасности* – уже рассмотрены во введении к учебному пособию. Другие понятия и термины, призванные раскрыть содержание ноксологии, приведены ниже.

2.3. Опасность, условия ее возникновения и реализации

Опасность – центральное понятие в ноксологии – интуитивно понимается всеми, но для достижения состояния безопасности объекта защиты необходимо владеть комплексом логических представлений о ней:

- прежде всего следует понять, что опасности возникли одновременно с возникновением материи и будут существовать вечно;
- опасности представляют собой недопустимые для восприятия материальным объектом потоки вещества, энергии и информации.

Обмен потоками в материальном мире – это естественный процесс существования материи. Основные потоки современного мира рассмотрены ниже.

Потоки в естественной среде:

- солнечное излучение, излучение звезд и планет;
- космические лучи, пыль, астероиды;
- электрическое и магнитное поля Земли;
- круговороты веществ в биосфере, в экосистемах, в биогеоценозах;
- потоки, связанные с атмосферными, гидросферными и литосферными явлениями, в том числе и со стихийными;
- другие.

Потоки в техносфере:

- потоки сырья, энергии;
- потоки продукции отраслей экономики;
- отходы экономики;
- информационные потоки;
- транспортные потоки;
- световые потоки (искусственное освещение);
- потоки при техногенных авариях;
- другие.

Потоки в социальной среде:

- информационные потоки (обучение, государственное управление, международное сотрудничество и т. п.);
- людские потоки (демографический взрыв, урбанизация населения);
- потоки наркотических средств, алкоголя;
- другие.

Потоки, потребляемые и выделяемые человеком в процессе жизнедеятельности:

- потоки кислорода, воды, пищи и иных веществ (алкоголь, табак, наркотики и т. п.);
- потоки энергии (механической, тепловой, солнечной и др.);
- потоки информации;
- потоки отходов процесса жизнедеятельности;
- другие.

При оценке влияния потоков необходимо знать следующее:

– в ряде случаев потоки, столь необходимые для существования жизни, могут превысить допустимые для воспринимающего их элемента материи уровни и тем самым вызвать в нем необратимые процессы (разрушение, гибель и т. п.). Если потоки не приносят ущерба воспринимающей их материи, то идет естественный процесс, и такие потоки принято называть **допустимыми**; если потоки наносят ущерб, то их называют **недопустимыми** или **опасными**;

– максимальные значения потоков, при которых ущерб еще не возникает, называют **предельно допустимыми**; общепринято широкое использование таких понятий, как ПДК – предельно допустимая концентрация веществ; ПДУ – предельно допустимые уровни энергетического воздействия; ПДВ – предельно допустимые выбросы в атмосферу и т. д.;

– возникновение опасной ситуации при наличии потоков от источника опасности определяется не только величиной потока, но и свойствами объекта защиты, его способностью воспринимать и переносить воздействующие потоки;

– опасности реализуются лишь при взаимодействии источника опасности, генерирующего поток воздействия, и элемента материи (объекта защиты),

воспринимающего этот поток. Опасности проявляют себя только во взаимодействии системы *источник опасности – объект защиты*.

Таким образом, для возникновения и реализации опасности необходимо соблюдение следующих условий:

- наличие системы *источник воздействия – объект защиты* и совпадения по месту и по времени пребывания в жизненном пространстве;
- наличие источника опасности, способного создавать значимые потоки вещества, энергии или информации;
- наличие у защищаемого объекта ограничений по величине воздействия потоков.

2.4. Закон толерантности, опасные и чрезвычайно опасные воздействия

Толерантность – способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды. Американский зоолог В. Шелфорд в начале XX века сформулировал закон толерантности: «Лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности) организма к заданному фактору» (рис. 2.3).

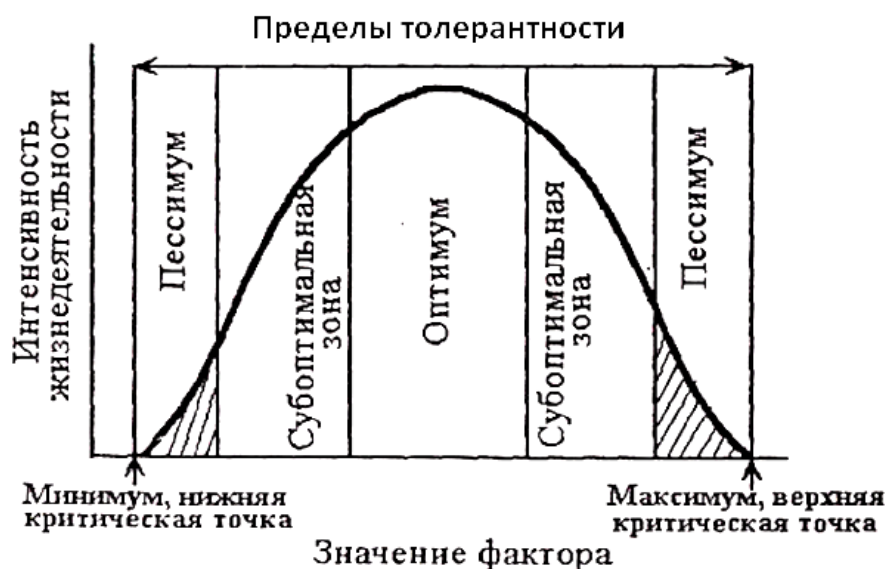


Рис. 2.3. Зависимость жизненного потенциала от интенсивности фактора воздействия

Зона оптимума с точкой комфорта (точка максимума жизненного потенциала) и зоны допустимых значений фактора воздействия являются областью

нормальной жизнедеятельности, а зоны с большими отклонениями фактора от оптимума называются зонами угнетения. Пределы толерантности по фактору воздействия совпадают со значениями минимума и максимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно. Это – зона гибели.

Проиллюстрируем сказанное. В естественных условиях на поверхности Земли температура атмосферного воздуха изменяется от -88 до $+60$ °С, в то время как температура внутренних органов человека за счет терморегуляции его организма сохраняется комфортной, близкой к 37 °С. Максимальная температура внутренних органов, которую выдерживает человек, – $+43$, минимальная – $+25$ °С.

Температура воздуха в рабочих и жилых помещениях, на улицах и в природных условиях существенно влияет на состояние организма человека, изменяя его жизненный потенциал. При низких температурах нам холодно, при высоких – жарко. При температуре воздуха более 30 °С работоспособность человека значительно падает.

Установлено, что у человека существует зависимость комфортных температур окружающей среды от категории тяжести выполняемых работ (легкая, средняя, тяжелая), от периода года и некоторых других параметров микроклимата. Так, для человека, выполняющего легкую работу, комфортная температура (рис. 2.4, зона I) летом составляет $22...24$ °С, зимой – $21...23$ °С; для человека, занимающегося тяжелым физическим трудом, летом – $18...20$ °С, зимой – $16...18$ °С. На рис. 2.4 показана зависимость жизненного потенциала человека от изменения температуры окружающего его воздуха при длительном выполнении легких работ в теплый период года.

Отклонения температуры среды от комфортных значений на $\pm(2...5$ °С) – зона II – считаются допустимыми, поскольку не оказывают влияния на здоровье человека, а лишь уменьшают производительность его деятельности. Дальнейшее отклонение температуры окружающего воздуха от допустимых значений (зона III) сопровождается тяжелыми воздействиями на организм человека и ухудшением его здоровья (нарушение дыхания, сердечной деятельности и др.).

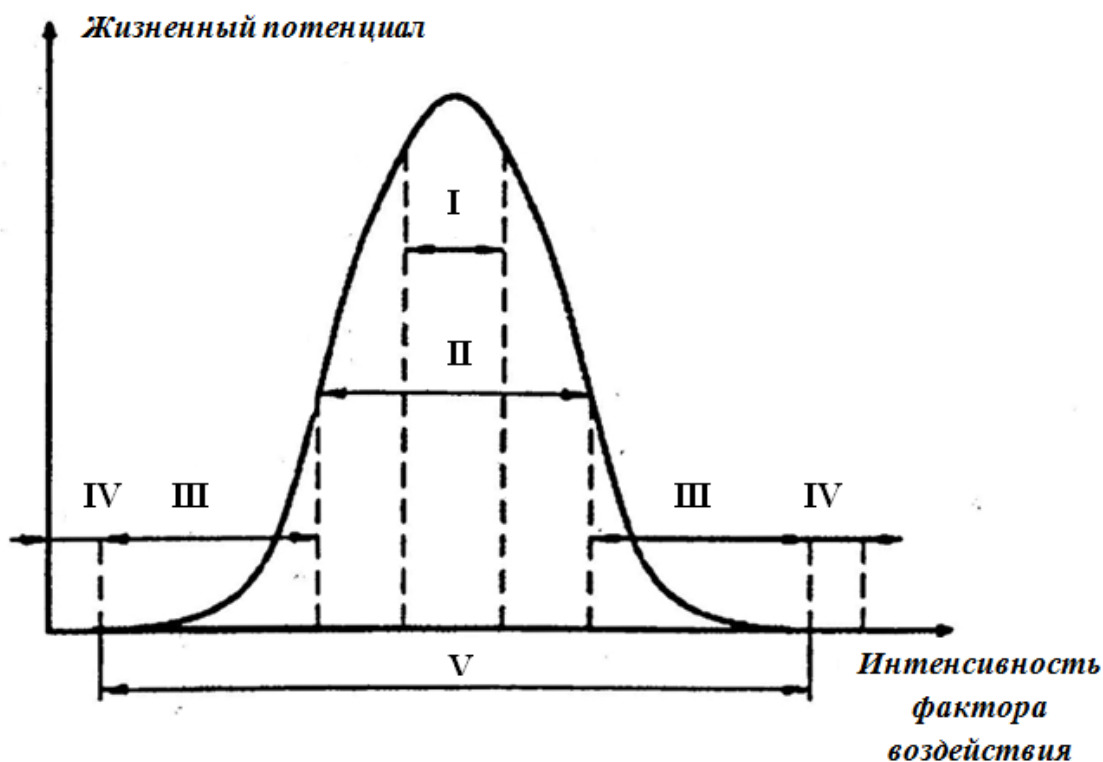


Рис. 2.4. Зависимость жизненного потенциала человека от изменения температуры окружающего его воздуха при длительном выполнении легких работ в теплый период года

При еще больших отклонениях температуры окружающего воздуха от допустимых значений (зона IV) возможен перегрев (гипертермия) или переохлаждение (гипотермия) организма человека, а также получение им тепловых или холодовых травм.

Необходимо отметить, что классическая кривая Шелфорда (рис. 2.3) имеет отношение только к природным факторам воздействия (например, к температуре окружающей среды). Факторы, полностью чуждые организму, могут иметь зону комфортности вблизи нуля интенсивности и только один максимальный предел воздействия. Это хорошо иллюстрирует процесс влияния акустических колебаний на организм человека. Реальные уровни звука в местах возможного пребывания человека могут изменяться в весьма широких пределах от 0 до 160 дБА и сопровождаются широкой гаммой ответных реакций организма человека.

При уровнях звука до 20 дБА человек чувствует себя комфортно, не реагируя негативно на наличие звуков в окружающей его среде; уровни звука до 50 дБА не влияют на здоровье человека, занимающегося интеллектуальной деятельностью, а у людей, связанных с физическим трудом, верхняя граница может быть расширена до 80 дБА. Эти значения уровня звука соответствуют

предельно допустимым условиям воздействия звука на человека в процессе его деятельности.

Дальнейший рост уровня звука свыше 85 дБА при длительных его экспозициях (до нескольких лет) может приводить к тугоухости, а при уровнях звука 140 дБА и выше возможно травмирование человека вследствие разрыва барабанных перепонок или контузии. При уровнях 160 дБА может наступить смерть человека.

Из рассмотренного следует, что, изменяя потоки в среде обитания, можно получить ряд характерных видов воздействия потоков на человека, а именно:

– комфортное (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям воздействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и, как следствие, максимальной продуктивности деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

– допустимое, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека; соблюдение условий допустимого воздействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания;

– опасное, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и/или приводят к деградации среды обитания;

– чрезвычайно опасное, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в среде обитания; гибель организма происходит при значениях фактора воздействия, лежащих вне зоны толерантности, ее можно рассматривать как процесс распада организма на простые системы.

На основании изложенного выше можно сформулировать **аксиому о воздействии среды обитания на человека**: «воздействие среды обитания на человека может быть позитивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков веществ, энергии и информации».

Применительно к любому живому телу аксиому о воздействии среды обитания на тело человека следует формулировать в следующем виде: **«воздействие среды обитания на живое тело может быть позитивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков и способность живого тела воспринимать эти потоки»**.

Из четырех характерных видов воздействия среды обитания на человека первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) являются недопустимыми для процессов жизнедеятельности человека.

При анализе процесса воздействия опасностей следует учитывать аксиому об одновременном воздействии опасностей и аксиому о совокупном воздействии опасностей на объект защиты.

Аксиома об одновременном воздействии опасностей утверждает: потоки вещества, энергии и информации, генерируемые их источниками, не обладают избирательностью по отношению к объектам защиты и одновременно воздействуют на человека, природную среду и техносферу, находящихся в зоне их влияния.

Из этой аксиомы следует, что, например, вибрация любого здания одновременно воздействует на людей, строительные материалы и конструкции, на коммуникации и устройства, находящиеся в нем. Результат воздействия вибрации одной интенсивности на все находящиеся в здании объекты может быть различным (опасным или неопасным) и полностью определяется способностью объекта защиты (человек, коммуникация и т. п.) к восприятию возникшей в этом здании вибрации.

При оценке воздействия опасностей на объект защиты необходимо также учитывать, что любой объект воспринимает одновременно все потоки вещества, энергии и информации, поступающие в зону его пребывания, в соответствии с аксиомой о совокупном воздействии опасностей: **«На любой объект защиты одновременно воздействуют все потоки, поступающие извне в зону его пребывания»**.

Для современного состояния системы *человек–техносфера* характерны два вида негативных ситуаций, связанных с воздействием опасностей на человека.

Ситуация I – длительное воздействие постоянных или переменных опасностей ограниченной интенсивности в локальных, региональных и глобальных зонах. Сюда относятся ситуации, связанные с длительным действием опасностей на производстве и в быту, а также действия глобальных опасностей (потепление климата, разрушение озонового слоя, кислотные дожди, повышение радиоактивного фона атмосферы).

Ситуация II – кратковременные воздействия импульсных опасностей высокой интенсивности в локальных, максимальной – в региональных зонах. Сюда относятся ситуации, связанные с техногенными авариями, катастрофами и стихийными бедствиями.

2.5. Поле опасностей

Современный мир опасностей (ноксосфера) обширен и весьма значителен. Как правило, в производственных, городских или бытовых условиях на человека воздействуют одновременно несколько негативных факторов. Такой комплекс факторов, одновременно действующих на конкретный объект защиты, зависит от текущего состояния совокупности источников опасности около объекта. Совокупность источников образует около защищаемого объекта так называемое поле опасностей.

Поле опасностей, действующих на объект защиты, можно представить в виде совокупности факторов первого, второго, третьего и иных кругов, расположенных вокруг защищаемого объекта. Считается, что основное влияние на объект защиты (человека) оказывают факторы первого круга. Факторы второго круга влияют в основном на другие объекты защиты (здания и сооружения, промышленные территории и т. п.). Опасности третьего круга оказывают всеобщее влияние на население регионов и крупных городов, континентов и все население Земли. Опасности второго и третьего круга опосредованно могут воздействовать на каждого человека, усиливая влияние первого круга опасно-

стей. Характерное построение причинно-следственного поля опасностей, действующих на человека в современной техносфере, показано на рис. 2.5.

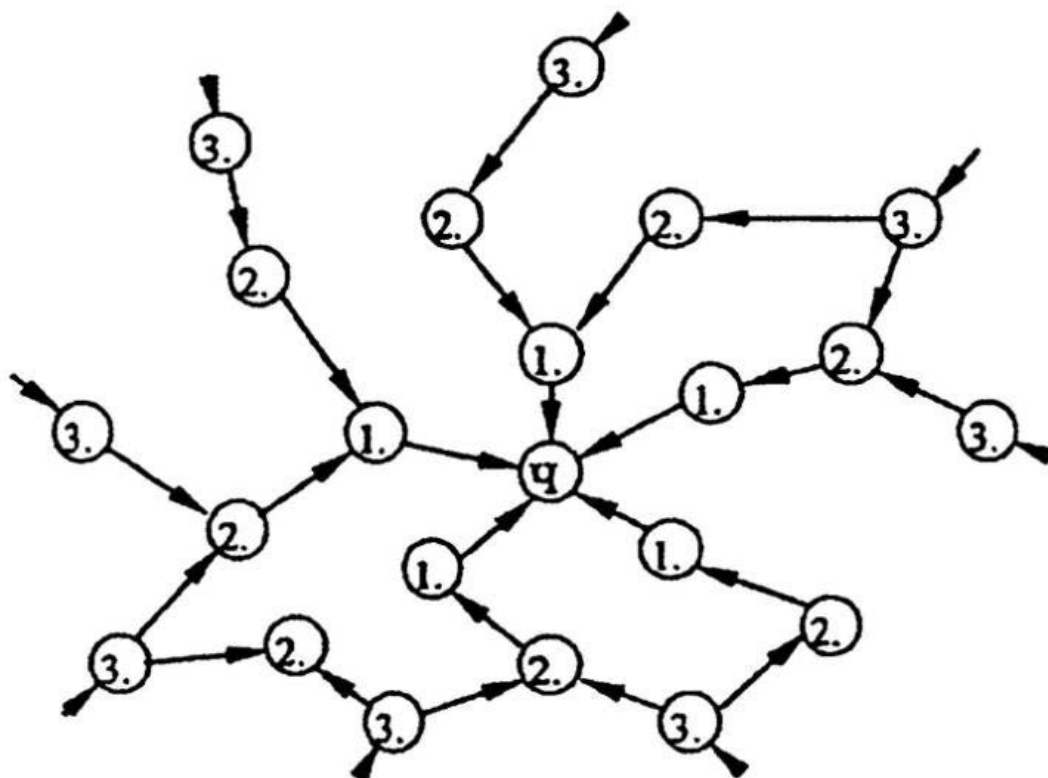


Рис. 2.5. Схематическое изображение причинно-следственного поля опасностей, в котором находится организм человека (Ч)

В состав первого круга опасностей (1), непосредственно действующих на человека, входят:

- опасности, связанные с климатическими и погодными изменениями в атмосфере и гидросфере;
- опасности, возникающие вследствие отсутствия нормативных условий деятельности по освещенности, по содержанию вредных примесей, по электромагнитному и радиационному излучениям и т. п.;
- опасности, возникающие в селитебных зонах и на объектах экономики при реализации технологических процессов и эксплуатации технических средств как за счет несовершенства техники, так и за счет ее нерегламентированного использования операторами технических систем и населением в быту;
- опасности, возникающие вследствие недостаточной подготовки работающих и населения по безопасности жизнедеятельности.

Основные причины возникновения опасностей второго круга (2), характерных для урбанизированных территорий, обусловлены наличием и нерациональным обращением отходов производства и быта; чрезвычайными опасностями, возникающими при стихийных явлениях и техногенных авариях в жилых зонах и на объектах экономики; недостаточным вниманием руководителей производства к вопросам безопасности проведения работ и т. п. Это создает условия для неправильной организации рабочих мест, нарушения условий труда, для загрязнения воды, продуктов питания и т. п.

Опасности третьего круга (3) – опасности межрегионального и глобального влияния – не всегда выражены достаточно четко. Однако перечень некоторых из них может быть сформулирован. К ним прежде всего следует отнести отсутствие необходимых знаний и навыков у разработчиков при проектировании технологических процессов, технических систем, зданий и сооружений; отсутствие эффективной государственной системы руководства вопросами безопасности в масштабах отрасли экономики или всей страны; недостаточное развитие системы подготовки научных и руководящих кадров в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды.

Разделение ноосферы на отдельные круги опасностей является достаточно условным, но весьма важным при анализе причин негативного влияния опасностей на людей. При анализе ситуации нужно руководствоваться следующим: пренебрежение требованиями безопасности в первом круге опасностей сопровождается, как правило, травмами, отравлениями или заболеваниями человека или небольших групп людей; пренебрежение требованиями безопасности во втором круге опасностей, как правило, отдалает по времени негативные последствия, но увеличивает масштабы их воздействия на людей (массовые отравления при загрязнении биоресурсов отходами, гибель людей в шахтах, при обрушении строительных конструкций и т. п.). Действие источников опасностей третьего круга обычно широкомасштабно. Так, например, применение этилированного бензина в двигателях внутреннего сгорания, санкционированное государством, губительно для населения крупных городов; принятие

решения о переработке в России радиоактивных отходов, ввозимых из-за рубежа, таит опасность радиоактивного воздействия на население многих регионов нашей страны и т. д.

В настоящее время комплексная оценка реальных ситуаций с использованием модельных представлений о причинно-следственном поле опасностей, действующих на промышленном предприятии, в техносферном регионе и т. п., проводится редко из-за отсутствия теоретических и практических разработок в этой области знания. Это задача ближайшего будущего, входящая в комплекс научных исследований в области обеспечения БЖД, ЗОС и техносферной безопасности.

2.6. Качественная классификация (таксономия) опасностей

Качественную классификацию опасностей целесообразно вести по двух-уровневой схеме, сведя в первую группу (I уровень) классификации свойства опасностей, а именно:

- происхождение опасности;
- физическая природа потока, образующего опасность;
- интенсивность (уровень) потока;
- длительность воздействия опасности на объект защиты;
- виды зон воздействия опасностей;
- размеры зон воздействия опасности;
- степень завершенности процесса воздействия опасности на объект защиты.

Во вторую группу (II уровень) классификации опасностей целесообразно свести признаки, связанные со свойствами объекта защиты, а именно:

- способность объекта защиты различать опасности;
- вид влияния негативного воздействия опасности на объект защиты;
- численность лиц, подверженных воздействию опасности.

Рассмотрим *первую группу* (I уровень) классификации опасностей.

По происхождению опасности среды обитания следовало бы разделить на естественные и антропогенные, полагая при этом, что естественные опасности обусловлены климатическими и иными природными явлениями и что возникают они при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также при стихийных явлениях, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т. д.).

Все остальные опасности следовало бы назвать антропогенными, поскольку человек, решая задачи повышения своего комфортного и материального обеспечения, непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т. п.), генерируя в среде обитания иные многочисленные опасности.

В принципе опасности машин и технологий по своей сути антропогенны, поскольку их творцом считается человек, однако, учитывая их многообразие, значимость и, как правило, обезличенность по отношению к их создателю, эти опасности в современном представлении выделяют в отдельную группу – группу техногенных опасностей.

Техногенные опасности создают элементы техносферы – машины, сооружения и вещества. Перечень техногенных реально действующих опасностей значителен и насчитывает более 100 видов. К распространенным и обладающим достаточно высокими уровнями относятся производственные опасности: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха в помещениях (температура, влажность, подвижность, давление), недостаточное и неправильно организованное искусственное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд, электрический ток, падающие предметы, высота, движущиеся части машин и механизмов, части разрушающихся конструкций и др.

В быту и в городских условиях человека сопровождает также большая гамма техногенных негативных факторов. К ним относятся воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭС, промышленных

предприятий, автотранспорта и мусоросжигающих устройств; вода с избыточным содержанием вредных примесей; недоброкачественная пища; шум, инфразвук, вибрация; электромагнитные поля от бытовых приборов, телевизоров, дисплеев, ЛЭП, радиорелейных устройств; ионизирующие излучения при различных медицинских обследованиях, фон от строительных материалов, излучения приборов, предметов быта и др.

Таким образом, общепринято по происхождению все опасности делить на естественные, антропогенные и техногенные. При этом принято, что естественные опасности создаются природой, а техногенные и антропогенные – рукотворны. Более внимательное изучение происхождения опасностей позволяет выделить еще две группы опасностей: естественно-техногенные и антропогенно-техногенные.

К естественно-техногенным следует отнести те опасности, которые инициируются естественными процессами (землетрясения, ветры, дожди и т. п.), приводят к разрушению технических объектов (зданий, плотин, дорог и т. д.) и сопровождаются потерей здоровья и жизни людей или разрушениями элементов окружающей среды.

К антропогенно-техногенным относят такие опасности, которые инициируются вследствие ошибок человека (обычно оператора технической системы) и проявляются через несанкционированное действие или разрушение техники или сооружений (аварии на транспорте по вине водителей, пожары и взрывы вследствие неправильного обращения с огнем, с электрооборудованием и т. п.).

Таким образом, по происхождению все опасности следует делить на пять групп: 1) естественные; 2) естественно-техногенные; 3) антропогенные; 4) антропогенно-техногенные; 5) техногенные.

Как уже было сказано выше, все жизненные потоки по их физической природе (вид потока) делятся на массовые, энергетические и информационные, следовательно, и возникающие при этом опасности следует воспринимать как **массовые, энергетические и информационные.**

Массовые опасности возникают при перемещении воздуха (ветер, ураган и т. п.), воды и снега (ливень, лавины, волнение или подъем водной поверхности и т. п.), грунта, других видов земной массы (пыльные бури, оползни и камнепады, извержения вулканов и т. п.). Массовые опасности характеризуются количеством и скоростью перемещения масс различных веществ. Эти опасности возникают также при поступлении в элементы биосферы (воздух, вода, земля) различных ингредиентов. В этом случае уровень опасности зависит от концентрации ингредиентов в единице объема или массы элемента биосферы. Единицы измерения концентрации ингредиентов: мг/м³, мг/л, мг/кг.

Энергетические опасности связаны с наличием в жизненном пространстве различных полей (акустических, магнитных, электрических и т. п.) и излучений (лазерное, ионизирующее и др.), которые обычно характеризуются интенсивностью полей и мощностью излучений.

Информационные опасности возникают при поступлении к человеку (обычно к оператору технических систем) избыточной или ошибочной информации. Единица измерения – бит/с.

Все опасности по интенсивности воздействия разделяют на **опасные** и **чрезвычайно опасные**.

Опасные потоки обычно превышают предельно допустимые потоки не более чем в несколько раз. Например, если говорят, что концентрация *i*-го газа в атмосферном воздухе составляет менее 10 ПДК, то подразумевают, что это опасная ситуация и что она угрожает человеку только потерей здоровья, поскольку находится в зоне его толерантности.

В тех случаях, когда уровни потоков воздействия выше границ толерантности, ситуацию считают чрезвычайно опасной. Обычно она характерна для аварийных ситуаций или зон стихийного бедствия. В этих случаях концентрация примесей или уровни излучений на несколько порядков превышают ПДК или ПДУ и реально угрожают человеку летальным исходом.

По длительности воздействия опасности классифицируют на **постоянные**, **переменные** (в том числе периодические) и **импульсные**. Постоянные

(действуют в течение рабочего дня, суток) опасности, как правило, связаны с условиями пребывания человека в производственных или бытовых помещениях, с его нахождением в городской среде или в промышленной зоне.

Переменные опасности характерны для условий реализации циклических процессов: шум в зоне аэропорта или около транспортной магистрали; вибрация от средств транспорта и т. п.

Импульсное (кратковременное) воздействие опасности характерно для аварийных ситуаций, а также при залповых выбросах, например при запуске ракет. Многие стихийные явления, например гроза, сход лавины и т. п., также относятся к этой категории опасностей.

По виду зоны воздействия (по месту воздействия) опасности делят на **производственные, бытовые и городские**, а также на **зоны ЧС**.

По размерам зон воздействия опасности классифицируют на **локальные, региональные, межрегиональные и глобальные**.

Как правило, бытовые и производственные опасности являются локальными, ограниченными размерами помещения, а такие воздействия, как потепление климата (парниковый эффект) или разрушение озонового слоя Земли, являются глобальными.

Опасности иногда воздействуют одновременно на территории и население двух и более сопредельных государств. В этом случае опасные зоны и опасности становятся глобальными, а поскольку источники опасности, как правило, расположены только на территории одного из государств, то возникают ситуации, приводящие к трудностям ликвидации последствий этих воздействий.

По степени завершенности процесса воздействия на объекты защиты опасности разделяют на **потенциальные, реальные и реализованные**.

Потенциальная опасность представляет угрозу общего характера, не связанную с пространством и временем воздействия. Например, в выражениях «шум вреден для человека», «углеводородные топлива – пожаровзрывоопасны» говорится только о потенциальной опасности для человека шума и горючих веществ.

Наличие потенциальных опасностей находит свое отражение в утверждении, что жизнедеятельность человека потенциально опасна. Оно предопределяет, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать опасности. При этом любое новое позитивное действие человека или его результат неизбежно приводит к возникновению новых негативных факторов.

Реальная опасность всегда связана с конкретной угрозой негативного воздействия на объект защиты (человека, природу). Она всегда координирована в пространстве и во времени. Например, движущаяся по шоссе автоцистерна с надписью «огнеопасно» представляет собой реальную опасность для человека, находящегося около автодороги. Как только автоцистерна ушла из зоны пребывания человека, она превратилась в источник потенциальной опасности по отношению к этому человеку.

Реализованная опасность – факт воздействия реальной опасности на человека и/или среду обитания, приведший к потере здоровья или летальному исходу человека, к материальным потерям, разрушению природы. Если взрыв автоцистерны привел к ее разрушению, гибели людей и/или возгоранию строений, то это реализованная опасность.

Ситуации, в которых опасности реализуются, принято разделять на происшествия и чрезвычайные происшествия, а последние – на аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Происшествие – событие, состоящее из негативного воздействия с причинением ущерба людским, природным и/или материальным ресурсам.

Чрезвычайное происшествие (ЧП) – событие, происходящее обычно кратковременно и обладающее высоким уровнем негативного воздействия на людей, природные и материальные ресурсы.

Авария – чрезвычайное происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно.

Катастрофа – чрезвычайное происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей.

Стихийное бедствие – чрезвычайное происшествие, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к разрушению биосферы, техносферы, к гибели или потере здоровья людей.

В результате возникновения ЧП на объектах экономики в регионах и на иных территориях могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) – состояние объекта, территории или акватории, как правило, после ЧП, при котором возникает угроза жизни и здоровью для групп людей, наносится материальный ущерб населению и экономике, деградирует природная среда.

Во *вторую группу* (II уровень) классификации опасностей сведены признаки, связанные со свойствами объекта защиты.

Объект защиты, как правило, обладает избирательной способностью к идентификации опасностей органами чувств. Ряд опасных воздействий (вибрация, шум, нагрев, охлаждение и т. д.) человек идентифицирует с помощью органов чувств. Другие опасные воздействия, такие как инфразвук, ультразвук, электромагнитные поля и излучения, радиация, не идентифицируются человеком. Все опасности по способности объекта защиты выявлять их органами чувств можно классифицировать на *различаемые* и *неразличаемые*.

По **виду негативного воздействия** опасностей на **объект защиты** их принято разделять на **вредные (угнетающие)** и **травмоопасные (разрушающие)**.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Травмоопасный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Термины *угнетающие* и *разрушающие* применяют для оценки воздействия опасностей на природу. Для техносферы используют термин «разрушающие».

По **численности лиц, подверженных опасному воздействию**, опасности принято делить на **индивидуальные, групповые** и **массовые**.

Классификация опасностей по признакам, характеризующим их свойства и воздействие на объект защиты, приведена в табл. 2.3.

Классификация опасностей позволяет для каждого конкретного случая подробно описать негативное событие и составить так называемый паспорт опасности, например:

– транспортный шум как опасность имеет техногенное происхождение в виде потока энергии с опасной интенсивностью в зонах города или на транспортных магистралях и представляет реальную опасность для людей; шум – это различаемая органами слуха опасность, имеющая главным образом вредное воздействие на человека и группы людей, на природные и техногенные объекты существенного влияния не оказывает;

– акустическое воздействие взрыва, оружейного выстрела или пуска ракеты как опасности имеет техногенное происхождение в виде потока энергии чрезвычайно высокой интенсивности и кратковременного (импульсного) воздействия, реализуемого в локальных зонах; оценивая взрыв по влиянию на объект защиты, его следует отнести к различаемым и травмоопасным воздействиям, способным оказывать воздействия от индивидуального до группового.

Паспорт опасности можно представить и в табличной форме (табл. 2.4–2.6).

Паспорт опасности необходим для правильной оценки ее негативного влияния на людей и окружающую среду, а также для выбора защитных мер, необходимых для устранения или локализации воздействия опасности.

Таблица 2.3

Классификация опасностей

Признак	Вид (класс)
<i>Первая группа. Свойства опасностей</i>	
Происхождение	Естественные Естественно-техногенные Антропогенные Антропогенно-техногенные Техногенные

Признак	Вид (класс)
<i>Первая группа. Свойства опасностей</i>	
Физическая природа потока	Массовые Энергетические Информационные
Интенсивность потока	Опасные Чрезвычайно опасные
Длительность воздействия	Постоянные Переменные, периодические Импульсные, кратковременные
Вид зон воздействия	Производственные Бытовые Городские (селитебные) Природные Зоны ЧС
Размеры зон воздействия	Локальные (местные) Региональные Межрегиональные Глобальные
Степень завершенности процесса воздействия	Потенциальные Реальные Реализованные
<i>Вторая группа. Свойства объекта защиты</i>	
Способность различать (идентифицировать) опасности	Различаемые Неразличаемые
Вид негативного воздействия опасности	Вредные Травмоопасные
Масштаб воздействия (по численности лиц, подверженных воздействию опасности)	Индивидуальные Групповые Массовые

Таблица 2.4

Паспорт опасности грозового разряда в атмосфере

Признак	Вид опасности
Происхождение	Естественное
Физическая природа потока	Энергетическая
Интенсивность потока	Чрезвычайно опасная
Длительность воздействия	Кратковременная
Зона воздействия	Городская и природная
Размеры зоны воздействия	Локальная
Степень завершенности процесса воздействия	Реальная при грозе и реализованная попаданием молнии в объект защиты
Степень идентификации опасности человеком	Различаемая
Вид негативного воздействия	Травмоопасная
Масштаб воздействия	Индивидуальный, редко групповой

Таблица 2.5

Паспорт опасности ЛЭП

Признак	Вид опасности
Происхождение	Техногенное
Физическая природа потока	Энергетическая
Интенсивность потока	Опасная
Длительность воздействия	Постоянная
Зона воздействия	Городская, производственная, природная
Размеры зоны воздействия	Локальная
Степень завершенности процесса воздействия	Реальная
Степень идентификации опасности человеком	Неразличаемая
Вид негативного воздействия	Вредный
Масштаб воздействия	Индивидуальный

Таблица 2.6

Паспорт опасности сброса жидких отходов гальванического цеха (участка)

Признак	Вид опасности
Происхождение	Техногенное
Физическая природа потока	Массовая
Интенсивность потока	Опасная
Длительность воздействия	Постоянная или периодическая
Зона воздействия	Городские и природные водоемы
Размеры зоны воздействия	Локальная и региональная
Степень завершенности процесса воздействия	Реальная, реализованная
Степень идентификации опасности человеком	Различаемая
Вид негативного воздействия	Вредное для человека и природы
Масштаб воздействия	Групповой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов средних спец. учеб. заведений [Текст] / С. В. Белов [и др.]; под общ. ред. С. В. Белова. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : Высшая школа, 2006. – 423 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов [Текст] / С. В. Белов [и др.]; под общ. ред. С. В. Белова. – 8-е изд. – М. : Высшая школа, 2009. – 616 с.
3. Безопасность деятельности: Энциклопедический словарь [Текст] / под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Информационно-издательское агентство «Лик», 2003. – 504 с.
4. Белов С. В. Основные понятия, термины и определения в безопасности жизнедеятельности [Текст] / С. В. Белов // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 3. – С. 37–43.
5. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности. Терминология [Текст]: учебное пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков; под ред. С. В. Белова. – М. : КНОРУС, 2008. – 400 с.
6. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Текст]: учебник для вузов / С. В. Белов. – М. : ИД Юрайт, 2010. – 671 с. – (Основы наук).
7. Борисов А. Ф. Чрезвычайные ситуации (источники, прогноз, защита) [Текст]: учебное пособие / А. Ф. Борисов, М. П. Пьязин. – Н. Новгород : Вента-2, 2004. – 180 с.
8. Гончар С. Т. Безопасность и экологичность объекта проектирования [Текст]: учебное пособие по дипломному проектированию / С. Т. Гончар. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 143 с.
9. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2008 году» [Текст]. – М. : НИА-Природа, 2009. – 457 с.

10. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году» [Текст]. – М. : ООО «РППР Рус-КонсалтингГрупп», 2009. – 488 с.
11. Кирюшкин А. А. Введение в безопасность жизнедеятельности [Текст] / А. А. Кирюшкин. – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2001. – 206 с.
12. Козьяков А. Ф. Управление безопасностью жизнедеятельности: учебное пособие [Текст] / А. Ф. Козьяков, Е. Н. Симакова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 42 с.
13. Куражковский Ю. Н. Основы всеобщей экологии [Текст] / Ю. Н. Куражковский. – Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2002. – 144 с.
14. Левашов С. П. Безопасность жизнедеятельности: проблемы анализа и таксономии предметной области [Текст] / С. П. Левашов // Безопасность в техносфере. – 2006. – № 8. – С. 45–47.
15. Маслоу А. Самоактуализация. Психология личности [Текст] / А. Маслоу. – М., 1982. – 110 с.
16. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст] / В. А. Акимов [и др.]; под ред. М. И. Фалеева. – М. : ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
17. Оценка условий жизнедеятельности человека по факторам вредности и травмоопасности [Текст]: методические указания к лабораторной работе / сост. С. В. Белов, Э. П. Пышкина, С. Т. Смирнов, В. С. Ванаев. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 31 с.
18. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики России Росстата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>, свободный.
19. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/>, свободный.

20. Официальный сайт Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/>, свободный.
21. Панин В. Ф. Экология для инженера: Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса; обзор современных принципов и методов защиты биосферы: учебное пособие / В. Ф. Панин, А. И. Сечин, В. Д. Федосова; под ред. В. Ф. Панина. – М. : Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.
22. Приложения к журналу «Безопасность жизнедеятельности» (школа БЖД): 2003. – № 7, 9, 11, 12; 2004. – № 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10; 2005. – № 3, 4, 6; 2006. – № 3, 5, 9.
23. Реймерс А. Ф. Надежды на выживание человечества: Концептуальная экология [Текст] / А. Ф. Реймерс. – М. : ИЦ «Россия Молодая», 1992. – 367 с.
24. Федеральный закон РФ «Об образовании» от 10.07.1992 № 3266-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/bVg7NB>, свободный.
25. Федеральный закон РФ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 № 125-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12112505/>, свободный.
26. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/LglbiE>, свободный.
27. Федеральный закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rospotrebnadzor.ru/documents/zakon/461>, свободный.

28. Федеральный закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/WKjvfK>, свободный.
29. Федеральный закон РФ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.08.2008 № 123-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/hy9MVC>, свободный.
30. Федеральный закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/about/ykazll6fz.htm>, свободный.
31. Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/1P4vww>, свободный.
32. Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 № 3-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rospotrebnadzor.ru/documents/zakon/460/>, свободный.
33. Экология, охрана природы и экологическая безопасность: учебное пособие / А. Т. Никитин [и др.]; под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна. – М. : МНЭПУ, 1997. – 744 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЙ МИР ОПАСНОСТЕЙ (НОКСОСФЕРА).....	15
1.1. Естественные и естественно-техногенные опасности	15
1.1.1. Взаимодействие человека с окружающей средой	15
1.1.2. Повседневные естественные опасности	19
1.1.3. Опасности стихийных явлений.....	21
1.2. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности	32
1.3. Техногенные опасности.....	39
1.3.1. Постоянные локально действующие опасности	39
1.3.2. Постоянные региональные и глобальные опасности	77
1.3.3. Чрезвычайные локально действующие опасности	86
1.3.4. Региональные чрезвычайные опасности	100
1.4. Взрывоопасность как травмирующий фактор производственной среды	115
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОКСОЛОГИИ.....	124
2.1. Становление и развитие учения о человеко- и природозащитной деятельности	125
2.2. Принципы и понятия ноксологии	130
2.3. Опасность, условия ее возникновения и реализации	135
2.4. Закон толерантности, опасные и чрезвычайно опасные воздействия ...	137
2.5. Поле опасностей	142
2.6. Качественная классификация (таксономия) опасностей	145
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	155

Учебное издание

Барышев Евгений Евгеньевич

Волкова Анна Альбертовна

Тягунов Геннадий Васильевич

Шишкунов Валерий Герасимович

НОКСОЛОГИЯ

Редактор *Л. Ю. Козяйчева*

Компьютерная верстка *Я. П. Бояринова*

Подписано в печать 31.07.2014. Формат 70×100 1/16.
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 12,9.
Уч.-изд. л. 8,45. Тираж 100 экз. Заказ № 1508.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс 8 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

ОБ АВТОРАХ



БАРЫШЕВ
Евгений Евгеньевич

Доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Безопасность жизнедеятельности» УрФУ



ВОЛКОВА
Анна Альбертовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Безопасность жизнедеятельности» УрФУ



ТЯГУНОВ
Геннадий Васильевич

Заслуженный деятель науки и техники, доктор
технических наук, профессор кафедры
«Безопасность жизнедеятельности» УрФУ



ШИШКУНОВ
Валерий Герасимович

Старший преподаватель кафедры
«Безопасность жизнедеятельности» УрФУ