

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт гражданской защиты
Кафедра безопасности жизнедеятельности

НОКСОЛОГИЯ

Учебное пособие

Ижевск 2018

УДК 614.8 (075.8)

ББК 30н 6я 73

Н 797

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды О.П. Дружакина

Составитель:

А.В. Попков

Н 797 **Ноксология**: учеб. пособие / сост. *А.В. Попков* - Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2018. - 373 с.

В пособии приведены теоретические основы дисциплины «Ноксология» – науки об опасностях; подробно рассмотрены опасности, создаваемые в современном мире, их природа, виды, характер, источники, методы идентификации и оценки опасностей, а также представлены практические задания по оценке негативного воздействию реализованных опасностей и способов защиты от них.

Пособие подготовлено в соответствии с примерной образовательной программой высшего образования.

Предназначено для студентов направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» (квалификация бакалавр) и других технических направлений и специальностей.

УДК 614.8 (075.8)

ББК 30н 6я 73

© Сост. А.В. Попков, 2018

© ФГБОУ ВО

«Удмуртский государственный университет», 2018

Содержание

Предисловие	5
Введение	10
1. Теоретические основы ноксологии	16
1.1. Основные определения и термины ноксологии.....	16
1.2. Законы и аксиомы ноксологии.....	19
1.3. Принципы и методы ноксологии.....	34
1.4. Практическое задание №1.....	43
2. Показатели и критерии опасностей	62
2.1. Организационно-технические показатели и критерии.....	62
2.2. Понятие о риске.....	64
2.3. Практическое задание №2.....	69
3. Анализ опасностей	76
3.1. Классификация (таксономия) опасностей.....	76
3.2. Количественная оценка и нормирование опасностей.....	84
3.3. Мониторинг опасностей.....	94
3.4. Практическое задание №3.....	105
4. Природные опасности	109
4.1. Повседневные естественные опасности.....	109
4.2. Понятие и классификация опасных ситуаций природного характера.....	110
4.3. Геофизические опасные природные явления.....	113
4.4. Геологические опасные природные явления.....	135
4.5. Гидрологические опасные природные явления.....	157
4.6. Метеорологические опасные природные явления.....	170
4.7. Морские гидрологические опасные явления.....	180
4.8. Природные пожары.....	187
4.9. Практическое задание №4.....	192
5. Техногенные опасности	197
5.1. Постоянные локально действующие опасности.....	197
5.2. Постоянные региональные и глобальные опасности.....	247
5.3. Чрезвычайные локально действующие опасности.....	273
5.4. Региональные и глобальные чрезвычайные опасности.....	286
5.5. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности.....	315

5.6.	Практическое задание №5	317
6.	Защита от опасностей	328
6.1.	Способы минимизации опасностей.....	328
6.2.	Применение средств индивидуальной защиты.....	332
6.3.	Зонирование территорий.....	334
6.4.	Оценка надежности и работоспособности техники.....	336
6.5.	Минимизация антропогенно-техногенных опасностей.....	341
6.6.	Практическое задание №6	349
7.	Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности.....	353
7.1.	Демографическое состояние России и пути его улучшения....	353
7.2.	Стратегия устойчивого развития.....	360
7.3.	Практическое задание №7	361
	Заключение.....	367
	Литература.....	369
	Список сокращений.....	370

Предисловие

Мир, в котором мы живём, меняется очень быстро. В былые времена люди могли не задумываться об отдалённых последствиях своих поступков, а теперь ситуация изменилась кардинально.

«Развитие мира идет по пути глобализации всех сфер международной жизни, которая отличается высоким динамизмом и взаимозависимостью событий. Между государствами обострились противоречия, связанные с неравномерностью развития в результате глобализационных процессов, углублением разрыва между уровнями благосостояния стран. Ценности и модели развития стали предметом глобальной конкуренции. Возросла уязвимость всех членов международного сообщества перед лицом новых вызовов и угроз».

Такова оценка состояния и развития мира и нашей страны в нем, данная в «Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г.».

Безопасность, относится к базовым биологическим потребностям любого организма, наряду с такими, как воздух, вода и пища. Однако окружающий мир часто оказывает на человека негативное воздействие, сказывающееся на его здоровье и сроках жизни. Естественной реакцией является защита себя, близких и окружающей среды от разрушительного воздействия разнообразных опасностей.

За последнее десятилетие из почти 25 млн. ушедших из жизни россиян около 3,5 млн. чел. (14%) погибли не от болезней, а от внешних причин, таких как убийства, самоубийства, отравления, несчастные случаи и т.п. Большая проблема заключается в принудительной смерти мужчин трудоспособного, а значит и репродуктивного возраста. Средняя продолжительность жизни мужчин в нашей стране составляет 60 лет, тогда как в Японии это 78 лет, а в США – 74

года. Важнейшая роль в этом процессе принадлежит разнообразным опасностям среды нашего обитания.

«Ноксология» - молодая наука и как отдельная область знаний начала формироваться на рубеже XX – XXI вв. Существуют различные мнения о задачах и предмете этой науки, высказываемые в печати и обсуждаемые на конференциях. Так, например, один из основоположников направления «Техносферная безопасность» профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана Сергей Викторович Белов, активно пропагандирующий эту дисциплину, считает, что «Ноксология» включает в себя полностью дисциплину «Безопасность жизнедеятельности» и всю сферу природоохранной деятельности. В своём учебнике С.В. Белов также констатирует, что «Ноксология» является составной частью «Экологии» и, в доказательство этого, приводит цитату из Марка Цицерона (106-43 гг. до н.э.) – *«Прежде всего каждому виду живых существ природа даровала стремление защищаться, защитить свою жизнь»*.

Появление и развитие науки «Ноксология» в очередной раз демонстрирует справедливость утверждения одного из главных участников становления заповедного дела в СССР и формирования современного облика науки «Экология» выдающегося советского учёного зоолога Николая Фёдоровича Реймерса (1931-1993), утверждавшего следующее: *«Каждая наука – дитя нужды. Она выполняет социальный заказ, а затем приобретает учение»*.

Дисциплина «Ноксология» ушла от своей точки отсчета пока не очень далеко, современные очертания она приобрела в 2006 - 2010 гг. Идёт этап её активного формирования, первого апробирования в вузах страны, адаптации преподавателей и студентов вузов к ней.

Анализ программ преподавания ноксологии, подготовленных в вузах и «выложенных» в Интернете, свидетельствует о восприятии этой науки преимущественно с

природоохранной точки зрения, что, по мнению авторов данного издания, верно лишь отчасти. Наука «Ноксология» нацелена на решение значительно более широкого спектра теоретических и прикладных задач современности. В настоящее время наиболее принятым определением является следующее: **ноксология** (греч. *ноксос* – опасность) – наука об опасностях окружающего материального мира Вселенной.

Дисциплина «Ноксология» базируется на изучении другой базовой дисциплины естественнонаучного цикла – дисциплины «Экология». Предполагается, что в результате освоения дисциплины у студента должны быть заложены мотивационные, теоретические, деятельные основы базовой профессионально-ориентированной ноксологической компетентности в области обеспечения техносферной безопасности.

Целью освоения учебной дисциплины «**Ноксология**», является получение знаний, умений и владений, которые формируют у обучающегося компетенции, предусмотренные ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность». Это такие компетенции как:

ОК-7 - владение культурой безопасности и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;

ОК-10 - способность к познавательной деятельности;

ОК-15 - готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;

ПК-15 - способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации;

ПК-16 - способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов;

ПК-17 - способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.

В результате изучения дисциплины «Ноксология» студент должен:

знать:

основные источники опасностей материального мира, их влияние на человека и природу;

виды и критерии оценки опасностей;

уметь:

идентифицировать опасности, оценивать поля опасностей и показатели их негативного воздействия;

владеть:

понятийно-терминологическим аппаратом в сфере ноксологии;

способностью описывать поле опасностей для достижения состояния безопасности человека, техносферы и природы.

Следует отметить, что одним из основных источников самых разнообразных опасностей на протяжении всей истории человечества вплоть до наших дней была и неопределённо долгое время ещё будет оставаться любая **война** – *конфликт между политическими образованиями – государствами, племенами, политическими группировками и т.д., происходящий в форме вооружённого противоборства, военных (боевых) действий между их вооружёнными силами.* В данном пособии проблемы (опасности), сопровождающие войны сознательно исключены из рассмотрения, так как это не предусмотрено соответствующим Федеральным стандартом.

Учебно-методическое пособие является результатом обобщения опыта преподавания дисциплин: «Безопасность жизнедеятельности», «Современные средства защиты от техногенных аварий промышленных объектов», «Нормативно-правовая база управления охраной труда».

Для лучшего усвоения и закрепления материала в конце каждой главы даны практические задания.

В конце данного пособия приведен список литературных источников, использованных при подготовке пособия.

Автор выражает благодарность рецензентам и коллегам, высказавшим ценные замечания, советы и предложения.

Введение

На пирамиде Хеопса есть иероглифическая надпись: «Люди гибнут от неумения пользоваться силами природы и от незнания истинного мира». В этих грозных словах, пришедших из глубины истории Древнего Египта, заключен большой смысл. Они звучат для современного человечества как неумолимое предупреждение, напоминание о том, что человек и природа нашей планеты – единое целое, что только в постоянном и тесном общении с природой он может существовать как ее высшее творение. Это предостережение о тяжелейших последствиях, к которым ведут непонимание сущности природных процессов, неразумное использование богатств Земли. Научно-техническая революция и бурный рост промышленного производства не только способствовали росту благосостояния человека, но и отрицательно сказались на состоянии окружающей среды в большинстве регионов нашей планеты.

Человек, появившись на Земле, постоянно стремится к улучшению условий своей жизнедеятельности. Осваивая земледелие, добычу полезных ископаемых, источники энергии и т.д., увеличивая масштабы производства, он неизбежно вызывает в среде своего обитания необратимые изменения. Созданная человеком искусственная среда жизнедеятельности все чаще становится опасной не только для природы, но для него самого. Особенно четко это стало проявляться в XX веке.

В XX веке перед человечеством 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.

Термин «Ноксология» является весьма молодым и в научный обиход стал проникать лишь в последнее десятилетие. Эта дефиниция различными учеными трактуется по-разному, что объясняется индивидуальными научно-методическими подходами.

Сергей Викторович Белов под термином «Ноксология» понимает науку об опасностях материального мира Вселенной. При этом предметом изучения ноксологии выступает ноксосфера – сфера опасностей. Общей целью изучения ноксологии по Белову 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.

Словацкий ученый З. Халат понятие «Ноксология» (Noxology – англ.) трактует как наука об опасности для здоровья человека, которая является частью эпидемиологии. Целью ноксологии выступает обобщение научных исследований в области вредных факторов и опасностей для здоровья человека, которые должны учитывать различия в восприимчивости людей (семьи, общины, страны), а также их синергетический эффект.

Очевидно, что трактовка, данная З. Халатом, является более узкой, и тем самым значительно уменьшается сфера научного анализа опасностей различного происхождения.

В данном пособии предлагается следующая трактовка термина «Ноксология» - это наука об опасностях, формирующихся в системе «человек – окружающая среда».

Понятие «окружающая среда» является сложным, причем составляющие его компоненты могут взаимно пересекаться. В

число этих компонентов включим биосферу, геосферу, техносферу, ноосферу.

Биосфера – оболочка Земли, заселённая живыми организмами и преобразованная ими. Биосфера сформировалась 500 млн. лет назад, когда на нашей планете стали зарождаться первые организмы. Она проникает во всю гидросферу, верхнюю часть литосферы и нижнюю часть атмосферы, то есть населяет экосферу. Биосфера представляет собой совокупность всех живых организмов. В ней обитает более 3 млн. видов растений, животных, грибов, бактерий и насекомых. Человек тоже является частью биосферы, его деятельность превосходит многие природные процессы.

Термин «биосфера» был введён в биологии Ж.Б. Ламарком в начале XIX века, а в геологии предложен австрийским ученым Э. Зюссом в 1875 г. Целостное учение о биосфере создал биогеохимик и философ В.И. Вернадский. Он впервые отвёл живым организмам роль главной преобразующей силы планеты Земля, учитывая их деятельность не только в настоящее время, но и в прошлом.

Геосфера – целостная оболочка Земли, включающая все концентрические оболочки, из которых состоит Земля. В направлении от периферии к центру планеты выделяются: магнитосфера, атмосфера Земли, гидросфера, биосфера, земная кора, мантия Земли, ядро Земли.

По совокупности природных условий и процессов, протекающих в области соприкосновения и взаимодействия геосфер, выделяют специфические оболочки (биосферу, географическую оболочку, литосферу, геотехносферу).

Возраст Земли как планеты составляет 4,55 млрд. лет. Самые древние горные породы имеют возраст 3,8 млрд. лет. В интервале от 4,55 до 3,8 млрд. лет происходило расслоение земного вещества на геосферы, одновременно шло образование первичной атмосферы и первичной гидросферы. Прямые свидетельства существования магнитного поля Земли имеют

возраст 2,6 млрд. лет. Геологическая эволюция отражена в эволюции биосферы, которая в свою очередь связана с изменением состава первичной атмосферы.

Техносфера - совокупность элементов среды в пределах географической оболочки Земли, созданных из природных веществ трудом и сознательной волей человека и не имеющих аналогов в девственной природе. Техносфера является совокупностью абиотических, биотических и социально-экономических факторов.

Техносфера описывает совокупность знаний о природе и материальных средствах производства человеческого общества, связанных с разрешением противоречий с окружающей естественной средой.

Понятие «техносфера» в настоящее время проходит стадию бурной эволюции, об этом свидетельствует тот факт, что большинство диссертаций в названии которых присутствует термин «Техносфера» - это диссертации философов.

По мнению Вячеслава Шевченко «Техносфера - это искусственная оболочка Земли, это система жизнеобеспечения, изолирующая человека от враждебного мира, но прозрачная для полезных потоков вещества, энергии и информации. Если раньше домом была экосфера, то сейчас домом человечества стала техносфера».

Симоненко О.Д. считает «Техносфера - это синтез природы и техники, созданный человеческой деятельностью. Самопроизвольно формируется симбиоз техники и природы как объективная реальность. Создается новая среда, техническая деятельность порождает «вторую природу», квазиприроду, устойчивую лишь под надзором и при участии человека.

Французский социолог Ж. Эллюль выдвигает идею что «техника становится средой в самом полном смысле этого слова, она окружает нас сплошным коконом, делая природу вторичной, малозначительной. Природа оказалась

демонтирована. Техносфера составила целостную среду обитания, внутри которой живет человек».

Ю.А. Ковалев об эволюции техносферы писал: «Эволюция техносферы происходит значительно быстрее, чем происходила эволюция биосферы. Так же большим преимуществом земной техники пред белковыми организмами является то обстоятельство, что техника очень мобильна в плане перемены своей структуры и организации. Следовательно, стать автоэволюционной системой земная техника может гораздо быстрее, чем белковые организмы. Земная техносфера должна рано или поздно превратиться из контролируемой системы в систему автоэволюционную».

Продолжением идеи автоэволюционности техносферы является теория ноосферы.

Ноосфера – сфера взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития. Ноосфера – предположительно новая, высшая стадия эволюции биосферы, становление которой связано с развитием общества, оказывающего глубокое воздействие на природные процессы. Согласно В.И. Вернадскому, «...в биосфере существует великая геологическая, быть может, космическая сила, планетное действие которой обычно не принимается во внимание в представлениях о космосе... Эта сила есть разум человека, устремленная и организованная воля его как существа общественного».

Ноосферу можно охарактеризовать как единство «природы» и «культуры». Сам Вернадский говорил о ней то, как о реальности будущего то, как о действительности наших дней, что неудивительно, поскольку он мыслил масштабами геологического времени. Биосфера перешла или, вернее, переходит в новое эволюционное состояние - в ноосферу - перерабатывается научной мыслью социального человека».

Понятие «ноосфера» предстаёт в двух аспектах: ноосфера в стадии становления, развивающаяся стихийно с момента появления человека; ноосфера развитая, сознательно формируемая совместными усилиями людей в интересах всестороннего развития всего человечества и каждого отдельного человека.

Приведенные выше суждения подтверждают вывод о том, что понятия «биосфера», «геосфера» и «техносфера» пересекаются, нельзя отделять эволюцию одной «сферы» от другой. Конечным итогом этой эволюции должно стать формирование ноосферы. Однако даже если природно-социально-экономические процессы и будут управляться разумом, но полностью свести к нулю вероятность возникновения опасности не получится.

Следствием этого является выделение особой оболочки, включающей все опасные явления и процессы – ноксосферы.

Олег Николаевич Русак дает следующее определение: «Ноксосфера – пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности».

А.С. Рябышенков трактует это понятие как «... пространство, в котором создаются опасности».

В.А. Семич дает следующую трактовку «Ноксосфера – это пространство, в котором возможно проявление опасных и вредных производственных факторов».

Реальность современной жизни такова, что созданная руками человека техносфера, стала основным источником опасностей на земле. 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.

Изучение опасностей является первым этапом в формировании знаний, умений и навыков специалиста в области техносферной безопасности, и главной дисциплиной этого этапа является «Ноксология».

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОКСОЛОГИИ

1.1. Основные определения и термины ноксологии

1.1.1. Принципы формирования понятийного ряда ноксологии

Основой любой конкретной деятельности является некоторое связанное множество понятий – понятийный ряд. Этот ряд позволяет строить модели объектов и исследовать их свойства. При формировании понятийного ряда необходимо соблюдать некоторые принципы. В качестве основных принципов выберем три.

Принцип гармонизации. Для гармонизации понятийного аппарата необходимо на практике использовать только логически непротиворечивые определения терминов, даже если они не закреплены юридически.

Принцип исходного понятия. Необходимо выбрать некоторое исходное понятие, т.е. термин, содержание которого не вызывает сомнений, и который может быть использован в качестве основы для остальных определений. На основе этого понятия и будут строиться все остальные определения.

Принцип единственности. При построении понятийного ряда следует учесть, что любое понятие, являющееся общим для нескольких областей деятельности, не может в равной степени использоваться в них, а одно и то же определение в контексте различной деятельности приобретает различный смысл. Поэтому в разных словарях и энциклопедиях мы можем встретить разные определения для одинаковых терминов. Однако, мы должны выбрать или сформировать то единственное определение, которое подходит для нашей области деятельности.

1.1.2. Структура понятийного ряда ноксологии

Для выбора исходного понятия необходимо рассмотреть те термины, содержание которых не вызывает сомнений, и

которые могут быть использованы в качестве основы для остальных определений.

В качестве таких элементарных понятий для ноксологии можно использовать понятия угроза, вред, ущерб.

Угроза говорит о чем-то еще не совершенном, т.е. нереализованном, поэтому оно не полностью отвечает требованиям к исходному понятию.

Ущерб – это сложное понятие, которое можно определить исходя из понятия вред.

Таким образом, в качестве исходного понятия воспользуемся термином вред. Он не используется в качестве сложного понятия, и, с другой стороны, у людей не возникает двойного понимания, когда они слышат это слово. Будем считать, что его значение ясно всем и не нуждается в определении.

По форме вред может быть острым и хроническим. Острый вред – приводит к травме, хронический вред – приводит к заболеванию. Острый вред генерирует опасные факторы, хронический вред – генерирует вредные факторы.

Выбрав в качестве исходного понятия «ВРЕД», «ОПАСНОСТЬ» определим как свойство объекта, выраженное в его способности причинять вред себе и другим объектам. Опасности реализуются в ходе некоторых событий, назовем их «ОПАСНЫЕ СОБЫТИЯ». При реализации опасного события причиняется вред. Результат причинения вреда назовем «ПОРАЖЕНИЕМ». Нереализованную (потенциальную) опасность будем характеризовать таким понятием как «РИСК», понимая под риском меру опасности. Мера – это количественная характеристика, меру опасности будем представлять как произведение вероятности причинения вреда, на тяжесть причиненного вреда. В соответствии с действующими нормами, нормативные требования чаще всего являются детерминированными значениями физических, химических или биологических характеристик вредных и

опасных факторов, если же учесть вероятность реализации факта превышения критериальных значений (норм) то вместо детерминированной меры опасности мы получим вероятностную меру опасности, которую назовем показатель риска.

Из приведенных суждений можно сделать вывод о необходимости включения в структуру понятийного ряда ноксологии четырех групп понятий:

1. Понятия, связанные с опасностью.
2. Понятия опасных событий.
3. Понятия, связанные с поражением.
4. Понятия связанные с риском.

Каждую группу понятий начинается с понятия, давшего название группе, затем идут соподчиненные понятия. Мы старались включить в ряд только основные понятия, назовем их понятия первого ранга, могут быть понятия и более низких рангов.

В группу понятий связанных с опасностью, кроме термина опасность включим термины: источник опасности; опасные вещества; опасные воздействия. В группу «опасные события» вошли термины: опасное событие; профессиональное заболевание; несчастный случай; инцидент; авария.

Понятие поражение раскрывается в терминах поражающий фактор, вредный фактор, опасный фактор, поражающий параметр, критерий поражения.

Характеризуя группу понятий связанных с риском нельзя не остановиться на таких понятиях как приемлемый риск, профессиональный риск. Особое место в этой группе занимают показатели риска: технический риск, потенциальный риск, индивидуальный риск, коллективный риск и социальный риск.

Таблица 1.1.

Структура понятийного ряда ноксологии

Исходное понятие – вред Объект охраны труда – условия труда			
▼			
Группы понятий			
Опасность	Опасные события	Поражение	Риск
Опасность; Источник опасности; Опасные вещества; Опасные воздействия.	Опасное событие; Профзаболевание; Несчастный случай; Инцидент; Авария; Чрезвычайная ситуация.	Поражение; Поражающий фактор; Вредный фактор; Опасный фактор; Поражающий параметр; Критерий поражения.	Риск; Приемлемый риск; Профессиональный риск; Показатели риска (технический, потенциальный, индивидуальный, коллективный, социальный).

1.2 Законы и аксиомы ноксологии**1.2.1. Законы ноксологии****Закон Куражковского**

Человек и окружающая его среда (природная, производственная, городская, бытовая и др.) в процессе жизнедеятельности постоянно взаимодействуют друг с другом. При этом действует Закон сохранения жизни Ю.Н. Куражковского.

Профессор Куражковский Юрий Николаевич – доктор географических наук, специалист по методологии решения проблем экологии, охраны природы и природопользования. Основоположник науки – «Природопользование».

Отмечая, что в жизни экологических систем действуют общие термодинамические принципы и законы сохранения энергии, вещества, информации Куражковский сделал вывод что в живых системах выполняется принцип энергетической проводимости: поток энергии, вещества и информации в системе как целом должен быть сквозным, охватывающим всю систему или косвенно отзывающимся в ней. Иначе система не будет иметь свойства единства.

Из этого принципа Куражковский вывел законом сохранения жизни, закон сформулирован в книге «Введение в экологию и природопользование»: **«Жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока веществ, энергии и информации. Прекращение движения в этом потоке прекращает жизнь»**. (Второй экологический закон).

Из закона следует, что человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека и/или природную среду.

Изменяя величину любого потока от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек – среда обитания»: комфортное (оптимальное) состояние; допустимое состояние; опасное состояние; чрезвычайно опасное состояние.

Комфортное состояние - все потоки гарантируют сохранение здоровья человека и целостности ОПС.

То есть потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и как следствие продуктивности

деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания.

Допустимое состояние - потоки не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека.

Опасное состояние - потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, или приводят к деградации природной среды.

Чрезвычайно опасное состояние - потоки за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

В процессе жизнедеятельности человек потребляет и выделяет потоки кислорода, воды, пищи, потоки механической, тепловой, солнечной, других видов энергии, потоки отходов жизнедеятельности, формирует и потребляет потоки информации и др. В социальной среде (социуме) формируются специфические факторы, которые способны формировать негативные потоки (войны, болезни, страх, эмоции, голод, курение, потребление алкоголя, наркотиков, обман, шантаж, разбой, убийства и др.).

Основные потоки в техносфере:

Потоки сырья, энергии, продукции и отходов в производственной сфере;

Потоки, возникающие при техногенных авариях;

Транспортные потоки;

Световые потоки при искусственном освещении;

Информационные и другие потоки.

Потоки в естественной среде – это:

Солнечное излучение, космическая пыль, излучение звезд, планет, электрическое и магнитное поля Земли;

Круговороты веществ в биосфере;

Пищевые цепи в экосистемах и биогеоценозах;

Атмосферные, гидросферные, литосферные и другие явления создают основные потоки вещества и энергии в естественной среде.

Потоки масс, энергий и информации, распределяясь в земном пространстве, образуют среду обитания человека. Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Превышение привычных уровней потоков в естественных условиях может приводить к изменению климата, возникновению стихийных явлений и оказывать негативное воздействие на человека и природную среду. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека, техносферу и/или природную среду.

Опасности реализуются в виде потоков энергии, вещества и информации, они существуют в пространстве и во времени. Опасности возникают, если повседневные потоки вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения. Изменяя потоки в среде обитания от минимально значимых до максимально возможных, можно получить ряд характерных состояний в системе «человек – среда обитания», а именно: комфортное (оптимальное), допустимое, опасное, чрезвычайно опасное.

Комфорт – это оптимальное сочетание параметров микроклимата и удобств в зонах деятельности и отдыха человека. Комфортное состояние среды обитания реализуется, когда потоки создают оптимальные условия для деятельности, отдыха и проявления наивысшей работоспособности при сохранении здоровья человека и целостности компонентов среды обитания.

Допустимое состояние реализуется, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, приводят к дискомфорту, снижают эффективность деятельности человека,

но не оказывают негативного влияния на здоровье, не выходя за пределы адаптации организма. При этом интенсивность негативных воздействий находится в пределах толерантности человеческого организма и окружающей природной среды, когда возможные негативные последствия обратимы.

Общий закон биологической стойкости

Толерантность – способность организмов выносить отклонения факторов среды от оптимальных для них. Опасное состояние реализуется, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное влияние на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и могут приводить к деградации техносферы и природной среды. Чрезвычайно опасное состояние возникает, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут привести к травмированию человека вплоть до летального исхода и вызвать разрушения в техносфере и в природной среде. Из четырех характерных состояний взаимодействия человека со средой обитания лишь первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) – недопустимы для процессов жизнедеятельности человека, сохранения и развития природной среды.

Реакция организма на воздействие фактора обусловлена дозировкой этого фактора. Очень часто фактор среды, особенно абиотический, переносится организмом лишь в определенных пределах. Наиболее эффективно действие фактора при некоторой оптимальной для данного организма величине. Диапазон действия экологического фактора ограничен соответствующими крайними пороговыми значениями (точками минимума и максимума) данного фактора, при котором возможно существование организма. Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых наступает смерть. Пределы выносливости между критическими точками

называют *экологической валентностью* или *толерантностью* живых существ по отношению к конкретному фактору среды. Распределение плотности популяции подчиняется нормальному распределению. Плотность популяции тем выше, чем ближе значение фактора к среднему значению, которое называется экологическим оптимумом вида по данному параметру. Такой закон распределения плотности популяции, а следовательно, и жизненной активности получил название общего закона биологической стойкости.

Диапазон благоприятного воздействия фактора на организмы данного вида называется *зоной оптимума* (или зоной комфорта). Точки оптимума, минимума и максимума составляют три кардинальные точки, определяющие возможность реакции организма на данный фактор. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организм. Этот диапазон величины фактора называется *зоной пессимума* (или зоной угнетения). Рассмотренные закономерности воздействия фактора на организм известно, как *правило оптимума*.

Закон минимума Либиха

Установлены и другие закономерности, характеризующие взаимодействия организма и среды. Одна из них была установлена немецким химиком Ю. Либихом в 1840 году и получила название *закона минимума Либиха*, согласно которому рост растений ограничивается нехваткой единственного биогенного элемента, концентрация которого лежит в минимуме. Если другие элементы будут содержаться в достаточном количестве, а концентрация этого единственного элемента опустится ниже нормы, растение погибнет. Такие элементы получили название лимитирующих факторов. Итак, существование и выносливость организма определяются самым слабым звеном в комплексе его экологических потребностей. Или относительное действие фактора на организм тем больше, чем больше этот фактор приближается к минимуму по

сравнению с прочими. Величина урожая определяется наличием в почве того из элементов питания, потребность в котором удовлетворена меньше всего, т.е. данный элемент находится в минимальном количестве. По мере повышения его содержания урожай будет возрастать, пока в минимуме не окажется другой элемент.

Позднее закон минимума стал трактоваться более широко, и в настоящее время говорят о лимитирующих экологических факторах. Экологический фактор играет роль лимитирующего в том случае, когда он отсутствует или находится ниже критического уровня, или превосходит максимально выносимый предел. Иными словами, этот фактор обуславливает возможности организма в попытке вторгнуться в ту или иную среду. Одни и те же факторы могут быть или лимитирующими или нет. Пример со светом: для большинства растений это необходимый фактор как поставщик энергии для фотосинтеза, тогда как для грибов или глубоководных и почвенных животных этот фактор не обязателен. Фосфаты в морской воде – лимитирующий фактор развития планктона. Кислород в почве не лимитирующий фактор, а в воде – лимитирующий.

Следствие из закона Либиха: недостаток или чрезмерное обилие какого-либо лимитирующего фактора, может компенсироваться другим фактором, изменяющим отношение организма к лимитирующему фактору.

Закон толерантности Шелфорда

Однако ограничивающее значение имеют не только те факторы, которые находятся в минимуме. Впервые представление о лимитирующем влиянии максимального значения фактора наравне с минимумом было высказано в 1913 году американским зоологом В. Шелфордом. Согласно сформулированному ***закону толерантности Шелфорда*** существование вида определяется как недостатком, так и избытком любого из факторов, имеющих уровень, близкий к

пределу переносимости данным организмом. В связи с этим все факторы, уровень которых приближается к пределу выносливости организма, называются *лимитирующими*.

1.2.2 Аксиомы ноксологии

Анализ реальных ситуаций, событий и факторов уже сегодня позволяет сформулировать ряд *аксиом ноксологии*, реализующихся, в первую очередь, в техносфере. К ним относятся:

Аксиома 1. Опасности существуют, если повседневные потоки вещества, энергии и информации превышают пороговые значения.

Справедливость аксиомы можно проследить на всех этапах развития системы «человек - среда обитания». Так, на ранних стадиях своего развития, даже при отсутствии технических средств, человек непрерывно испытывал воздействие негативных факторов естественного происхождения: понижение и повышение температур воздуха, атмосферные осадки, контакты с дикими животными, стихийные явления и т.п. В условиях современного мира к естественным прибавились многочисленные факторы техногенного происхождения: вибрации, шум, повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе, водоемах, почве; электромагнитное поле, ионизирующие излучения и др.

При любом виде деятельности человека неизбежно возникают отходы и побочные эффекты. Отходы сопровождают работу промышленного и сельскохозяйственного производств, средств транспорта, использование различных видов топлива при получении энергии, жизнь животных и людей и т.п. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии и т.п. Количественные и качественные показатели отходов, а также

регламент обращения с ними определяют уровни и зоны возникающих при этом опасностей.

Значительным опасностям подвергается человек при попадании в зону действия технических систем: транспортные магистрали; зоны излучения радио- и телепередающих систем, промышленные зоны и т.п. Вероятно проявление опасности и при использовании человеком технических устройств на производстве и в быту; электрические сети и приборы, станки, ручной инструмент, газовые баллоны и сети, оружие и т.п.

Как отмечено было выше, в основе опасностей лежит человеческая деятельность, направленная на формирование и трансформацию потоков веществ, энергии и информации в процессе жизнедеятельности. Изучая и изменяя эти потоки, можно ограничить их величину допустимыми значениями. Если сделать это не удастся, то жизнедеятельность становится опасной.

Аксиома 2. Источниками опасностей являются любые элементы техносферы. При изучении опасностей часто исходят из энергоэнтропийной концепции, основные положения которой сводятся к следующему:

- повседневная деятельность человека (особенно ее производственная часть) потенциально опасна вследствие использования различных технологических, транспортных и других процессов, связанных с энергопотреблением (выработкой, хранением и преобразованием механической, электрической, химической, ядерной и другой энергии) или с использованием вредных веществ;

- в результате неконтролируемого или неуправляемого выхода энергии в среду обитания возникает опасность для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды. Наряду с выходом энергии опасность представляет выброс или сброс в воздушную или водную среду вредных веществ, загрязнение ими почвы;

- последствиями внезапного выхода энергии или выброса вредных веществ являются происшествия, связанные с гибелью или травмированием людей, повреждением зданий, сооружений, оборудования, транспортных средств, а также ухудшение состояния среды обитания;

- происшествия, связанные с гибелью людей и иными негативными последствиями, возникают в результате появления и развития причинной цепи предпосылок, обусловленных неисправностью и отказами используемой техники, нерасчетными внешними воздействиями, а также ошибочными действиями людей.

Приведенные ниже аксиомы, во многом, расшифровывают и конкретизируют первые две.

Аксиома 3. Любые опасности действуют в пространстве и во времени.

Опасности представляют угрозу только тогда, когда могут причинить ущерб конкретным объектам. Опасность или несколько различных опасностей представляют угрозу для объекта только в том случае, если их опасные факторы могут на него воздействовать. Угроза причинения ущерба зависит от взаимного положения источника опасности и объекта воздействия его опасных факторов в пространстве и во времени (для стационарных объектов только в пространстве). Например, для людей угроза имеет место при их работе на объекте повышенной опасности или в зоне загрязнения; для перемещающихся объектов — при их нахождении в опасном районе. Степень угрозы для жизнедеятельности населения на рассматриваемой территории зависит от степени ее опасности, а также от географического и временного факторов. Если объект вывести за пределы этой территории, то угрозы для него не будет, хотя опасность территории для оставшихся объектов останется. Угроза для жизнедеятельности изменяется во времени: она может возникать, усиливаться, снижаться и исчезать.

Географический фактор связан с локальным центром проявления опасности, ее неопределенным местоположением в случае реализации, ослаблением уровней поражающих факторов с удалением от источника опасности. Чем ближе объекты и люди располагаются по отношению к источнику опасности (известному или предполагаемому), тем больше угроза.

Если u – это параметр, характеризующий поражающее действие опасных факторов от некоторого источника опасности на объект, а $u_{кр}$ – критериальное значение, начиная с которого объект разрушается, то разрушение объектов данного типа происходит на расстоянии r меньше или равно R_n от источника опасности (рис. 1.1).

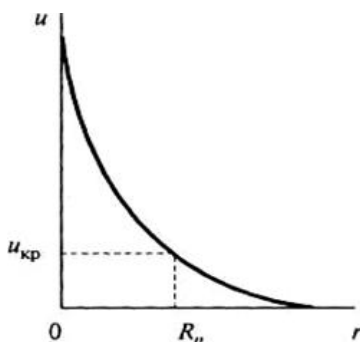


Рис. 1.1. Вид зависимости поражающего действия опасных факторов (u) от расстояния (r)

Если зона поражения – круг, то площадь зоны поражения $S_{п.ф.}$ равна его площади с радиусом R_n :

$$S_{п.ф.} = \pi R_n^2. \quad (1.1)$$

При рассмотрении негативного действия вредных факторов на организм человека в качестве $u_{кр}$ рассматриваются предельно допустимые концентрации, пределы доз, летальные дозы и другие нормируемые величины в зависимости от цели оценки.

Площадь зоны поражения $S_{п.ф.}$ оценивается для каждого источника опасности (экстремального природного явления, потенциально опасного объекта) по статистическим данным или с помощью математических моделей.

Взаимное положение источников опасности и объектов воздействия их опасных факторов может быть различным (рис. 1.2). Объект воздействия может попасть в зону возможного поражения от источника опасности или оказаться вне ее. В этом случае степень угрозы для объекта, размещенного на опасной территории, определяется его долей (Y) в зоне возможного поражения:

$$Y = \frac{S_{п.ф.} \cap S}{S}, \quad (1.2)$$

где S – площадь территории объекта; $S_{п.ф.}$ – площадь зоны возможного поражения.

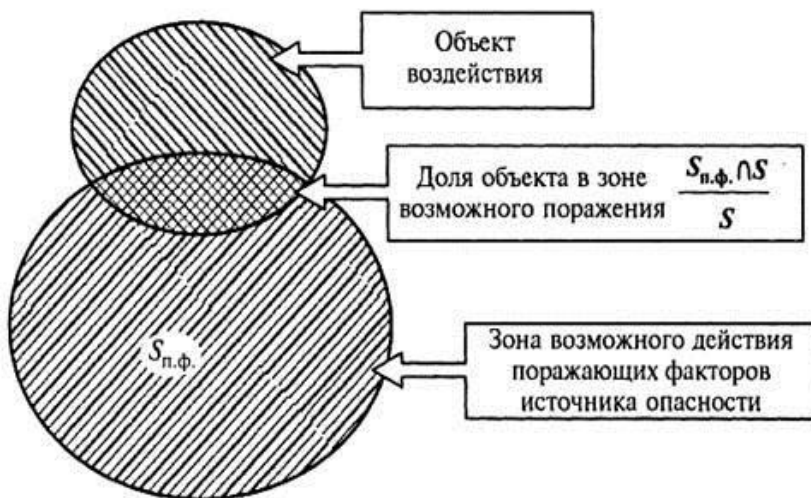


Рис. 1.3. Схема определения степени угрозы для объекта

Временной фактор угрозы имеет место для перемещающихся объектов (например, транспортных средств с

опасными грузами, людей). При нахождении перемещающегося объекта на вредном производстве или районе, где постоянно действуют вредные факторы, временной фактор учитывается как доля времени, в течение которого объект там находится. При перемещении объекта вблизи потенциально опасного объекта или по району возможных чрезвычайных ситуаций временной фактор учитывается как вероятность того, что объект в момент реализации опасного события будет находиться в зоне действия поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации. Если время наступления опасного события может быть спрогнозировано, то угроза для объекта зависит от величины ошибки 1-го рода — вероятности того, что опасное событие на рассматриваемом интервале времени произошло, хотя не было предсказано (и, следовательно, меры защиты не были приняты).

Аксиома 4. Любые опасности оказывают негативное воздействие на человека, природную среду и элементы техносферы одновременно.

Аксиома 5. Любые опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды.

Аксиома 6. Защита от опасностей достигается совершенствованием источников опасности, увеличением расстояния между источником опасности и объектом защиты, применением защитных мер.

Аксиома 7. Показатели комфортности процесса жизнедеятельности взаимосвязаны с видами деятельности и отдыха человека.

Аксиома 8. Компетентность людей в мире опасностей и способах защиты от них – необходимое условие достижения безопасности деятельности человека.

Важно помнить, что обеспечение безопасности в ноосфере также описывается рядом аксиом, которые в науке

получили название аксиомы безопасности жизнедеятельности.

Аксиома 1. Любая деятельность потенциально опасна.

Эта аксиома предполагает следующее: создаваемые человеком технические средства, техника и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать опасности. Например, создание двигателей внутреннего сгорания решило многие транспортные проблемы. Но одновременно привело к повышенному травматизму на автодорогах, породило трудноразрешимые задачи по защите человека и природной среды от токсичных выбросов автомобилей.

Однако, как показывает практика, в процессе деятельности невозможно обеспечить нулевой риск, т.е. любая деятельность потенциально опасна. Исходя из указанной аксиомы, человек постоянно находится в поле потенциальных опасностей ΣQ , которые обусловлены рядом причин природного, техногенного (антропогенного) и социального характера. Полностью обезопасить человека введением превентивных средств защиты ΣP , в указанное поле опасностей не удастся, а возможно только снизить опасность до некоторой величины остаточного риска R_0 .

В общем виде можно записать:

$$\Sigma Q - \Sigma P \Rightarrow R_0 = R_{\text{пр}} + \Delta R_{\text{устр}}. \quad (1.3)$$

В наиболее благоприятном случае может достигать уровня приемлемого риска $R_{\text{пр}}$, когда устранимый риск $\Delta R_{\text{устр}}$ сводится к минимуму, т.е. $\Delta R_{\text{устр}} \rightarrow 0$.

Потенциальная опасность заключается в скрытом, неявном характере проявляющихся опасностей. Например, мы не ощущаем до определенного момента повышенной концентрации углекислого газа в воздухе. В норме атмосферный воздух должен содержать не менее 0,05% CO_2 . Постоянно в помещении, например, в аудитории, концентрация CO_2 повышена. Углекислый газ не имеет цвета, запаха,

нарастание его концентрации проявится появлением усталости, вялости, ухудшением работоспособности. Но в целом организм человека, пребывающего систематически в таких условиях, отреагирует сплошными физиологическими процессами: изменением частоты, глубины и ритма дыхания (одышкой), увеличением частоты сердечных сокращений, изменением артериального давления. Это состояние (гипоксия) может повлечь за собой снижение внимания, что в определенных областях деятельности может привести к травматизму.

Потенциальная опасность как явление - это возможность воздействия на человека неблагоприятных или несовместимых с жизнью факторов. По степени и характеру действия на организм все факторы условно делят на вредные и опасные.

Аксиома о потенциальной опасности деятельности - утверждение, согласно которому ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности, любая деятельность потенциально опасна; презумпция потенциальной опасности любого вида деятельности. В большей степени мы встречаемся с опасностями в процессе трудовой деятельности.

«Труд - не игра и не забава, - писал К.Д. Ушинский, - он всегда серьезен и тяжел, только полное сознание необходимости достичь той или иной цели в жизни может заставить человека взять на себя ту тяжесть, которая составляет необходимую принадлежность всякого истинного труда».

Аксиома 2. Для каждого вида деятельности существуют комфортные условия, способствующие ее максимальной эффективности.

Эта аксиома фактически декларирует принципиальную возможность оптимизации любой деятельности с точки зрения ее безопасности и эффективности.

Аксиома 3. Естественные процессы, антропогенная деятельность и объекты деятельности обладают склонностью к спонтанной потере устойчивости и (или) способностью к

длительному негативному влиянию на среду обитания, т.е. остаточным риском.

Аксиома 4. Остаточный риск является первопричиной потенциальных негативных воздействий на человека, техносферу и природную среду (биосферу).

Аксиома 5. Безопасность реальна, если негативные влияния на человека не превышают предельно допустимых значений с учетом их комплексного воздействия.

Следующая аксиома фактически повторяет предыдущую, но относится к негативным воздействиям на окружающую среду.

Аксиома 6. Экологичность реальна, если негативные воздействия на биосферу не превышают предельно допустимых значений с учетом их комплексного воздействия.

Аксиома 7. Допустимые значения техногенных негативных воздействий обеспечиваются соблюдением требований экологичности и безопасности к техническим системам, технологиям и их региональным комплексам, а также применением систем экобиозащиты.

Аксиома 8. Системы экобиозащиты на технических объектах и в технологических процессах должны обладать приоритетом ввода в эксплуатацию и средствами контроля режимов работы.

Аксиома 9. Безопасная и экологичная эксплуатация технических средств и производств реализуется при соответствии квалификации и психофизических показателей оператора требованиям разработчика технической системы и при соблюдении оператором норм и правил безопасности и экологичности.

1.3. Принципы и методы ноксологии

1.3.1. Принципы ноксологии

Теоретическое и познавательное значение принципов состоит в том, что с их помощью определяется уровень знаний

об опасностях окружающего мира и, следовательно, формируются требования по проведению защитных мероприятий и методы их расчета. Принципы ноксологии позволяют находить оптимальные решения защиты от опасностей на основе сравнительного анализа конкурирующих вариантов. Они отражают многообразие путей и методов обеспечения безопасности в системе «Человек-среда обитания», включающее как чисто организационные мероприятия, конкретные технические решения, так и обеспечение адекватного управления, гарантирующего устойчивость системы, а также некоторые методологические положения, обозначающие направление поиска решений.

Научные знания в ноксологии опираются на перечисленные ниже несколько принципов. И в то же время, перечисленные принципы, во многом, опираются на аксиомы ноксологии.

Первый 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.

Второй принцип – ***принцип природоцентризма***: «Природа – лучшая форма среды обитания биоты, ее сохранение – необходимое условие существования жизни на Земле».

Природная среда – неотъемлемое условие жизни людей и общественного производства, так как служит необходимой сферой обитания человека и источником нужных ему ресурсов. Еще недавно считалось бесконечными, неисчерпаемыми и «бесплатными» вода, воздух, территория и др. Сегодня к ним совсем другое отношение. Однако на современном этапе природа неотделима от техносферы, и проблемы одной проецируются на другую.

Человечество уже осознало, что оно «не может ждать милости от природы» после того, что оно с ней сделало. Очень

емко, на наш взгляд, проблемы нового экологического образования выразил в своем докладе профессор Московского государственного педагогического университета Н.Н. Родзевич: «В настоящее время наиболее острые экологические проблемы вышли за рамки классической экологии с ее биологическими приоритетами, когда рассматриваются преимущественно задачи сохранения и оптимизации экосистем разного уровня, вплоть до биосферы. На первый план стали выдвигаться сложные геоэкологические проблемы. В настоящее время они приобрели глобальный характер и занимают основное место среди сохранения благоприятных свойств окружающей среды. Это отчетливо продемонстрировала Международная конференция по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. Большая часть глобальных проблем, которые рассматривала конференция, относится к числу геоэкологических: стабилизация климата земного шара, сохранение основных составляющих атмосферы, рациональное использование земельных ресурсов и предотвращение эрозии почв... Лишь две из всего ряда экологических проблем, которые рассматривались на конференции, имеют отчетливо выраженный биологический характер:

- 1) сохранение биологического разнообразия;
- 2) борьба с уничтожением лесов (сохранение их экологического значения...)».

Третий принцип – ***принцип существования внешних воздействий на человека***: «Человеческий организм всегда может подвергнуться внешнему воздействию со стороны какого-либо фактора».

Кратко применительно к ноксологии это обычно формулируют проще – через ее первую аксиому: «Жизнь потенциально опасна», полагая, что в ноксологии анализируются только опасные воздействия.

Четвертый принцип – **принцип возможности создания для человека среды обитания**: «Создание комфортной и безопасной для человека среды обитания принципиально возможно и достижимо при соблюдении предельно допустимых уровней воздействий на человека».

Пятый принцип – **принцип реализации безопасного взаимодействия человека со средой обитания**: «Безопасное взаимодействие человека со средой обитания достигается его адаптацией к опасностям, снижением их значимости и применением человеком защитных мер».

Шестой принцип – **принцип отрицания абсолютной безопасности**: «Абсолютная безопасность человека в среде обитания не достижима».

Седьмой принцип – **принцип роста защищенности жизни человека будущего**: «Рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение мер защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека от опасностей». Этот принцип сформулирован, опираясь на принцип Ле-Шателье: «Эволюция любой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности».

Принципы ноксологии могут быть применены в различных сферах: технике, медицине, организации труда и отдыха и тогда они становятся **принципами обеспечения безопасности**. По сфере реализации, т.е. в зависимости от того где они применяются, принципы обеспечения безопасности могут быть подразделены на:

- инженерно-технические;
- методические;
- медико-биологические.

По признаку реализации, т.е. по тому как, каким образом они осуществляются, принципы обеспечения безопасности подразделяются на следующие группы:

- *ориентирующие*, т.е. дающие общее направление поисков решений в области безопасности; к ориентирующим принципам относятся, в частности, принцип системного подхода, профессионального отбора, принцип нормирования негативных воздействий и т.п.

- *управленческие*; к ним относятся принцип контроля, принцип стимулирования деятельности, направленной на повышение безопасности, принципы ответственности, обратных связей и др.

- *организационные*; среди этих принципов можно назвать так называемую защиту временем, когда регламентируется время, в течение которого допускается воздействие на человека негативных факторов, принцип рациональной организации труда, рациональных режимов работы, организация санитарно-защитных зон и др.

- *технические*; эта группа принципов подразумевает использование конкретных технических решений для повышения безопасности.

1.3.2. Методы ноксологии

Методы ноксологии рационально разделить на две группы:

1. Методы ноксологии как науки;
2. Методы обеспечения безопасности в ноксосфере.

Рассмотрим обе группы методов:

Методы ноксологии как науки

Системный метод. Системный метод фокусируется на том, что любое явление, действие, всякий объект рассматривается как элемент системы. Под системой понимается совокупность элементов, взаимодействие между которыми адекватно однозначному результату. Таковую систему будем называть определенной. Если же совокупность элементов взаимодействует так, что возможны различные результаты, то система называется неопределенной. Причем уровень неопределенности системы тем выше, чем больше

различных результатов может появиться. Неопределенность порождается неполным учетом элементов и характером взаимодействия между ними.

К элементам системы относятся материальные объекты, а также отношения и связи, существующие между ними. Различают естественные и искусственные системы. При конструировании искусственных систем сначала задаются реальной целью, которую необходимо достичь, и определяют элементы, образующие систему. Задача сводится по существу к тому, чтобы на естественную систему, ведущую к нежелательному результату, наложить искусственную систему, ведущую к желаемой цели. При этом положительная цель достигается за счет исключения элементов из естественной системы или нейтрализации их элементами искусственной системы. Можно, следовательно, говорить о системах и контрсистемах. Системный метод отражает универсальный закон диалектики о взаимной связи явлений и ориентирует на учет всех элементов, формирующих рассматриваемый результат, на полный учет обстоятельств и факторов ноक्सосферы.

Методы индукции и дедукции. При использовании индукции мысль движется от знания частного, знания фактов к знанию общего, знанию законов. В основе индукции лежат индуктивные умозаключения. Они проблематичны и не дают достоверного знания. Такие умозаключения наводят (отсюда и термин: индукция – наведение) мысль на открытие общих закономерностей, обоснование которых позже дается иными способами. Дедукция является приемом противоположной направленности. В дедуктивном умозаклучении движение мысли идет от знания общего к знанию частного. В специальном смысле слова дедукция обозначает процесс логического вывода по правилам логики. В отличие от индукции, дедуктивные умозаклучения дают достоверное

знание при условии, что такое знание содержалось в посылках. Индукция и дедукция в познании органически связаны.

Методы анализа и синтеза. Анализ – это прием мышления, связанный с разложением изучаемого объекта на составные части, стороны, тенденции развития и способы функционирования с целью их относительно самостоятельного изучения. Синтез – прямо противоположная операция, заключающаяся в объединении ранее выделенных частей в целое и с целью получить знание о целом путем выявления тех существенных связей и отношений, которые объединяют ранее выделенные в анализе части в одно целое.

Методы абстрагирования, идеализации и обобщения. Абстрагирование есть процесс мысленного выделения, вычленения отдельных интересующих нас в контексте признаков, свойств и отношений конкретного предмета или явления при одновременном отвлечении от других свойств, признаков, отношений, которые в данном контексте несущественны. Когда мы абстрагируем некоторое свойство или отношение ряда объектов, то тем самым создается основа для их объединения в единый класс. По отношению к индивидуальным признакам каждого из объектов, входящих в данный класс, объединяющий их признак выступает как общий.

Обобщение - это такой прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов. В процессе идеализации происходит предельное отвлечение от всех реальных свойств предмета с одновременным введением в содержание образуемых понятий признаков, нереализуемых в действительности. Образуется т.н. идеальный объект, которым может оперировать теоретическое мышление при познании реальных объектов.

Метод аналогии. При аналогии на основе сходства объектов по некоторым признакам, свойствам и отношениям выдвигают предположение об их сходстве и в других

отношениях. Вывод по аналогии также проблематичен, как и в индукции, и требует своего дальнейшего обоснования.

Методы наблюдения и измерения. Наблюдение – это целенаправленное изучение предметов, опирающееся в основном на такие чувственные способности человека, как ощущение, восприятие, представление; в ходе наблюдения мы получаем знание о внешних сторонах, свойствах и признаках рассматриваемого объекта. Познавательным итогом наблюдения является описание – фиксация средствами языка исходных сведений об изучаемом объекте. Наблюдение далеко не пассивно, оно имеет свои активные стороны – целенаправленный характер наблюдения и избирательность, а также его теоретическая обусловленность. Наблюдение в самом общем виде подразделяется на качественное и количественное. Количественное наблюдение называется измерением. Измерение – это процесс определения отношения одной измеряемой величины, характеризующей данный объект, к другой однородной величине, принятой за единицу. В основе операции измерения лежит сравнение объектов по каким-либо сходным свойствам или сторонам. Чтобы осуществить такое сравнение, необходимо иметь определенные единицы измерения, наличие которых дает возможность выразить изучаемые свойства со стороны их количественных характеристик.

Моделирование. Моделирование – это такой метод исследования, при котором интересующий объект замещается другим объектом, находящимся в отношении подобия к первому объекту. Первый объект – оригинал, второй – модель. Знания, полученные при изучении модели, распространяются на оригинал на основании аналогии и теории подобия.

Эксперимент. Эксперимент, как и наблюдение, является базисным методом на эмпирическом уровне познания в ноксологии. Эксперимент – это активный целенаправленный метод изучения явлений в точно фиксированных условиях их

протекания, которые могут воссоздаваться и контролироваться самим исследователем. Эксперимент является связующим звеном между теоретическим и эмпирическим этапами и уровнями научного исследования. Его замысел всегда опосредован предварительным теоретическим знанием, а результаты требуют обязательной теоретической интерпретации.

Методы обеспечения безопасности в ноксосфере

Общие методы:

Разделение гомосферы и ноксосферы: применение защиты расстоянием и временем, вывод человека из зоны действия опасного фактора или сокращение времени пребывания человека в зоне при наличии вредных факторов воздействия, использование экобиозащитной техники и организационных мероприятий;

Нормализация ноксосферы: защита зон жизнедеятельности от естественных негативных воздействий; снижение негативного влияния источников опасностей и вредных факторов до нормативных требований и допустимых уровней воздействия; осуществление оценки воздействия на окружающую среду при проектировании объектов техносферы;

Приведение характеристик человека в соответствие с характеристиками ноксосферы: обучение, инструктаж, снабжение человека эффективными средствами защиты, приспособление человека, профессиональный отбор работающих, тренировка, подготовка населения к действиям в опасных и чрезвычайно опасных ситуациях;

Частные методы:

Монографический - это детальное изучение и описание всего комплекса условий возникновения несчастных случаев.

Составление карт общего анализа опасностей. Дается описание опасности, серьезность опасности, вероятность опасности, затраты, действенность.

Групповой метод основан на сборе и систематизации материалов о происшествиях и профессиональных заболеваниях по некоторым однородным признакам (например, время года, время суток, тип оборудования, стаж работника).

Топографический способ как разновидность группового. Данные собираются по предприятиям.

Способ анкетирования.

Метод дерева отказов.

Практическое задание №1

Оценка условий жизнедеятельности человека по факторам вредности и травмоопасности

Цель работы - ознакомление с методикой оценки последствий воздействия на человека неблагоприятных условий труда, а также вредных и травмоопасных факторов среды обитания (на производстве, в городе и в быту), наносящих ущерб здоровью, приводящих к сокращению жизни и повышению риска его гибели.

Теоретическая часть

Сокращение продолжительности жизни (СПЖ) - показатель скрытого ущерба здоровью; обобщенная характеристика ущерба неидентифицируемых (скрытых в отличие от проявленных - идентифицируемых) результатов воздействия опасности на человека как стохастических эффектов повреждения здоровья (суток за год).

Исходя из гигиенических критериев, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные. Соответствия классов условий труда степеням отклонений действующих факторов производственной среды и трудового процесса от гигиенических нормативов показаны далее в табл. 1,2,3,4,7,8.

Уровни вредных воздействий, реально возможные в условиях производства, не ограничиваются значениями соответствующими классу 3.4. При более высоких уровнях

вредных факторов их воздействие на человека может стать травмирующим, т.е. опасным, соответствующим классу 4.

Работа в условиях труда 4-го класса допускается только в чрезвычайных ситуациях, связанных с ликвидацией аварий и проведением экстренных работ по предупреждению аварийных ситуаций. В таких случаях должны применяться средства индивидуальной защиты и строго соблюдаться специальные режимы проведения работ.

Таблица 1

Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Класс условий труда	Вредные вещества							
	вещества, вызывающие острые отравления		канцерогены, вещества, опасные для репродуктивного здоровья человека	аллергены		противоопухолевые лекарственные средства, гормоны	наркотические анальгетики	прочие вредные вещества 1–4-го классов опасности
	с остронаправленным механизмом действия (хлор, аммиак)	раздражающего действия		высокоопасные	умеренно опасные			
Допустимый: 2	≤ ПДК	≤ ПДК	≤ ПДК	≤ ПДК	≤ ПДК	–	–	≤ ПДК
Вредный: 3.1	1,1–2,0	1,1–2,0	1,1–2,0	–	1,1–2,0	–	–	1,1– 3,0
3.2	2,1–4,0	2,1–5,0	2,1–4,0	1,1–3,0	2,1–5,0	–	+	3,1– 10,0
3.3	4,1–6,0	5,1–10,0	4,1–10,0	3,1–15,0	5,1–15,0	–	–	10,1– 15,0
3.4	6,1–10,0	10,1–50,0	> 10,0	15,1– 20,0	15,1–20,0	+	–	15,1– 20,0
Опасный: 4	> 10,0	> 50,0	–	> 20,0	> 20,0	–	–	> 20,0

Таблица 2

Превышение предельно допустимых уровней (ПДУ) шума, локальной, общей вибрации, инфра- и ультразвука на рабочем месте

Класс условий труда	Фактор и его показатель					
	шум, эквивалентный уровень звука, дБА	вибрация локальная	вибрация общая	инфразвук, общий уровень звукового давления, измеренный по линейной шкале, дБ	ультразвук воздушный, уровни звукового давления в третьоктавных полосах частот, дБ	ультразвук контактный, уровень виброускорения, дБ
		виброскорость, виброускорение; эквивалентный скорректированный уровень, превышение на ... дБ/среднее квадратическое значение, превышение в ... раз				
Допустимый: 2	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ
Вредный:						
3.1	5	3/1,4	6/2	5	10	5
3.2	15	6/2	12/4	10	20	10
3.3	25	9/2,8	18/6	15	30	15
3.4	35	12/4	24/8	20	40	20
Опасный: 4	> 35	> 12/4	> 24/8	> 20	> 40	> 20

Таблица 3

Превышение ПДУ неионизирующих электромагнитных полей и излучений, раз

Класс условий труда	Фактор											
	геомагнитное поле (ослабленное)	электростатическое поле	постоянное магнитное поле	электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	магнитные поля промышленной частоты (50 Гц)	электромагнитные поля на рабочем месте пользователя ПЭВМ	электромагнитные излучения радиочастотного диапазона					широкополосный электромагнитный импульс
							0,01—0,03 МГц	0,03—3,0 МГц	3,0—30,0 МГц	30,0—300,0 МГц	300,0 МГц—300,0 ГГц	
Оптимальный: 1	Естественный фон					—	Естественный фон					—
Допустимый: 2	≤ ВДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ВДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ	≤ ПДУ
Вредный:												
3.1	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ ВДУ	≤ 5	≤ 5	≤ 5	5	≤ 5	≤ 5
3.2	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 10	≤ 10	—	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
3.3	—	—	—	≤ 10	≤ 10	—	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	—
3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ 10	≤ 10	≤ 10	—
Опасный: 4	—	—	—	≤ 40	—	—	—	—	—	≤ 100	≤ 100	≤ 50

Таблица 4

**Превышение ПДУ неионизирующих электромагнитных
излучений оптического диапазона
(лазерное, ультрафиолетовое)**

Класс условий труда	Излучение			
	лазерное		ультрафиолетовое	
	при хроническом воздействии	при однократном воздействии	при наличии производ- ственных источников: УФ-А + УФ-В, УФ-С, Вт/м ²	при наличии источников УФО профилактического назначения (УФ-А), мВт/м ²
Допустимый: 2	≤ ПДУ ₁	≤ ПДУ ₂	ДИИ	9–45
Вредный: 3.1	> ПДУ ₁	> ПДУ ₂	> ДИИ	—
3.2	—	≤ 10 ПДУ ₂	—	—
3.3	—	< 10 ² ПДУ ₂	—	—
3.4	—	< 10 ³ ПДУ ₂	—	—
Опасный: 4	—	> 10 ³ ПДУ ₂		

Таблица 5

Тяжесть трудового процесса

Показатель	Класс условий труда			
	оптимальный: 1 (легкая физическая нагрузка)	допустимый: 2 (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			3.1	3.2
Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг · м):				
при региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м	До 2500 / до 1500	До 5000 / до 3000	До 7000 / до 4000	До 7000 / до 4000
при общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног):				
при перемещении нагрузки на расстояние от 1 до 5 м	До 12 500 / до 7500	До 25 000 / до 15 000	До 35 000 / до 25 000	Более 35 000 / более 25 000
при перемещении груза на расстояние более 5 м	До 24 000 / до 14 000	До 46 000 / до 28 000	До 70 000 / до 40 000	Более 70 000 / более 40 000
Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг:				
подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час)	До 15 / до 5	До 30 / до 10	До 35 / до 12	Более 35 / более 12
подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены	До 5 / до 3	До 15 / до 7	До 20 / до 10	Более 20 / более 10

Окончание таблицы 5

Показатель	Класс условий труда			
	оптимальный: 1 (легкая физическая нагрузка)	допустимый: 2 (средняя физическая нагрузка)	вредный (тяжелый труд)	
			3.1	3.2
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены:				
с рабочей поверхности	До 250 / до 100	До 870 / до 350	До 1500 / до 700	Более 1500 / более 700
с пола	До 100 / до 50	До 435 / до 175	До 600 / до 350	Более 600 / более 350
Стереотипные рабочие движения, количество за смену:				
при локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук)	До 20 000	До 40 000	До 60 000	Более 60 000
при региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	До 10 000	До 20 000	До 30 000	Более 30 000
Статическая нагрузка за смену при удержании груза, приложении усилий, 10 Н · с:				
одной рукой	До 18 000 / до 11 000	До 36 000 / до 22 000	До 70 000 / до 42 000	Более 70 000 / более 42 000
двумя руками	До 36 000 / до 22 000	До 70 000 / до 42 000	До 140 000 / до 84 000	Более 140 000 / более 84 000
с участием мышц корпуса и ног	До 43 000 / до 26 000	До 100 000 / до 60 000	До 200 000 / до 120 000	Более 200 000 / более 120 000

Таблица 6

Напряженность трудового процесса

Класс условий труда	Нагрузки			
	интеллектуальные		сенсорные	эмоциональные
	Содержание работы	Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки
Оптимальный: 1 (напряженность труда легкой степени)	Отсутствует необходимость принятия решения	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	До 25	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника
Допустимый: 2 (напряженность труда средней степени)	Решение простых задач по инструкции	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	26–50	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т.п.)

Окончание таблицы 6

Класс условий труда	Нагрузки			
	интеллектуальные		сенсорные	эмоциональные
	Содержание работы	Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены	Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки
Вредный (напряженный труд):				
3.1	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Восприятие сигналов, с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	51–75	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Включает за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.)
3.2	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая алгоритма решения, единоличное руководство в сложных ситуациях	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности	Более 75	Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Включает за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса. Может возникнуть опасность для жизни

Таблица 7

Параметры световой среды

Класс условий труда	Освещение				
	коэффициент естественного освещения (КЕО), %	искусственное			
		освещенность рабочей поверхности (Е, лк) для разрядов зрительных работ		прямая и зеркально отраженная блескость	коэффициент пульсации освещенности, %
		I-III. А, Б1	IV-XIV. Б2, В, Г, Д, Е, Ж		
Допустимый: 2	$\geq 0,5$	E_n	E_n	Отсутствие	$K_{пн}$
Вредный: 3.1	$0,1 - 0,5 E_n$	$0,1 \leq 5 E_n$ до $< E_n$	$< E_n$	Наличие	$> K_{пн}$
3.2	$< 0,1 E_n$	$< 0,5 E_n$	—	—	—

Таблица 8

**Пороговые значения уровней вредных факторов
для класса 4**

Вредные факторы	Значения уровней факторов
Вредные вещества 1-го и 2-го класса опасности	> 20 ПДК
Вредные вещества, опасные для развития острого отравления	> 10 ПДК
Шум, дБА	Превышение ПДУ > 35
Вибрация локальная, дБ	Превышение ПДУ > 12
Вибрация общая, дБ	Превышение ПДУ > 24
Тепловое излучение	> 2800 Вт/м ²
Электрические поля промышленной частоты	> 40 ПДК
Лазерное излучение	> 10 ³ ПДУ при однократном воздействии

Оценка ущерба здоровью, обусловленного неблагоприятными условиями среды обитания

При суточной миграции человека во вредных условиях жизненного пространства (производство, город, быт) суммарная оценка скрытого ущерба здоровью определяется через подсчет сокращения продолжительности жизни (СПЖ_Σ), в сутках потерянной жизни за год, по формуле

$$\text{СПЖ}_{\Sigma} = \text{СПЖ}_{\text{пр}} + \text{СПЖ}_{\text{г}} + \text{СПЖ}_{\text{б}}, \quad (1)$$

где СПЖ_{пр}, СПЖ_г, СПЖ_б - время сокращения продолжительности жизни человека при пребывании его соответственно в производственных, городских и бытовых условиях, сут.

Расчет снижения продолжительности жизни по фактору неблагоприятных условий производства осуществляется по формуле

$$\text{СПЖ}_{\text{пр}} = (K_{\text{пр}} + K_{\text{т}} + K_{\text{н}})(T - T_{\text{н}}), \quad (2)$$

где $K_{\text{пр}}$ - ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды, сут./год; $K_{\text{т}}$ - ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса, сут./год; $K_{\text{н}}$ - ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса, сут./год; T - возраст человека, лет; $T_{\text{н}}$ - возраст к началу трудовой деятельности, лет.

Ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды $K_{\text{пр}}$, рассчитывается в зависимости от класса вредности условий труда по табл. 9.

Ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса $K_{\text{т}}$ определяется в зависимости от класса условий труда по табл. 10.

Таблица 9

**Определение скрытого ущерба здоровью на основании
общей оценки класса условий труда**

Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год ($K_{\text{пр}}$)
1 фактор класса 3.1	3.1	2,5
2 фактора класса 3.1	3.1	3,75
3 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
2 и более факторов класса 3.2	3.3	12,6
1 фактор класса 3.3	3.3	18,75
2 и более факторов класса 3.3	3.4	25,1
1 фактор класса 3.4	3.4	50,0
2 и более факторов класса 3.4	4	75,1
Наличие факторов класса 4	4	75,1

Таблица 10

**Скрытый ущерб здоровью по показателю
тяжести трудового процесса**

Фактические условия труда	Класс условий труда	Ущерб, суток за год (K_r)
Менее 3 факторов класса 2	2	—
3 и более факторов класса 2	3.1	2,5
1 фактор класса 3.1	3.1	3,75
2 и более факторов класса 3.1	3.2	5,1
1 фактор класса 3.2	3.2	8,75
2 фактора класса 3.2	3.3	12,6
Более 2 факторов класса 3.2	3.3	18,75

Ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса K_n определяется в зависимости от класса условий труда по табл. 11.

Таблица 11

**Скрытый ущерб здоровью по показателю
напряженности трудового процесса**

Класс вредности условий труда	Время сокращения продолжительности жизни, сут./год	
	диапазон	среднее значение K_n
3.1	От 2,5 до 5,0	3,75
3.2	От 5,1 до 12,5	8,75
3.3	От 12,6 до 25,0	18,75
3.4	От 25,1 до 75,0	50,0
4	75,1	—

Сокращение продолжительности жизни человека по фактору неблагоприятных условий городской среды определяется по формуле

$$\text{СПЖ}_Г = \left(K_{Г1} T_T + K_{Г2} \frac{t}{24} T_T \right), \quad (3)$$

где $K_{Г1}$ и $K_{Г2}$ - скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской среды соответственно от загрязнения воздуха и поездки на общественном транспорте, сут./год; t - время, затрачиваемое человеком ежедневно на проезд на работу и домой, отнесенное к 24 ч, ч; T_t - количество лет, в течение которых человек использует общественный транспорт для поездки на работу.

Сокращение продолжительности жизни человека по фактору неблагоприятных бытовых условий в предположении, что человек курит, определяется по формуле

$$СПЖ_6 = \left(K_{61} T + K_{62} \frac{n}{20} T_k \right), \quad (4)$$

где K_{61} и K_{62} - скрытый ущерб здоровью по вредным факторам бытовой среды соответственно от неблагоприятных жилищных условий и от курения, сут./год; n - количество сигарет, выкуриваемых человеком в день, отнесенное к 20 сигаретам, приводящим к отравлению, пограничному между хроническим и острым; T_k - стаж курильщика, лет.

Значения ущербов по городской среде $K_{Г1}$, $K_{Г2}$ и по бытовой среде K_{61} , K_{62} приведены в табл. 12.

Таблица 12

**Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам
городской и бытовой среды**

Среда	Вредные факторы		
	наименование	обозначение	ущерб, сут./год
Городская	Загрязнение воздуха в крупных городах	$K_{Г1}$	5
	Ежедневная поездка в часы «пик» в общественном транспорте	$K_{Г2}$	2
Бытовая	Проживание в неблагоприятных жилищных условиях	K_{61}	7
	Ежедневное курение	K_{62}	50

Оценка риска получения человеком травм с различными исходами в производственных, городских и бытовых условиях

Вероятность получения травмы человеком в различных сферах его жизнедеятельности (производственной, городской, бытовой) оценивается величиной индивидуального риска R . При наличии соответствующих статистических данных величину риска определяют по формуле

$$R = \frac{N_{\text{тр}}}{N}, \quad (5)$$

где $N_{\text{тр}}$ - число травм за некоторый период времени; N - среднесписочная численность работавших за тот же период.

Количественным показателем производственного травматизма являются:

1) коэффициент частоты травматизма:

$$K_{\text{ч}} = \frac{N_{\text{тр}}}{N} 1000; \quad (6)$$

2) коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом:

$$K_{\text{ли}} = \frac{N_{\text{ли}}}{N} 1000, \quad (7)$$

где $N_{\text{ли}}$ - число травм с летальным исходом.

Эти показатели определяют число пострадавших, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени (обычно за год). При известных $K_{\text{ч}}$ и $K_{\text{ли}}$ риски получения на производстве травмы $R_{\text{тр}}$ и травмы с летальным исходом $R_{\text{ли}}$ определяются по формулам

$$R_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{ч}}}{1000}; \quad (8)$$

$$R_{\text{ли}} = \frac{K_{\text{ли}}}{1000}. \quad (10)$$

Значения $K_{\text{ч}}$ и $K_{\text{ли}}$ для различных отраслей экономики и отдельных профессий приведены в табл. 13.

Таблица 13

**Коэффициенты частоты травматизма (K_n)
и частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{ли}$)
для отдельных отраслей и некоторых профессий**

Отрасль, профессия	Коэффициент частоты травматизма (K_n)	Коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{ли}$)
По всем отраслям	5,0	0,15
<i>Промышленность</i> (в среднем)	5,5	0,133
в том числе:		
электроэнергетика	1,7	0,131
тепловые сети	3	0,132
черная металлургия	3,6	0,146
цветная металлургия	4,5	0,216
приборостроение	3,1	0,061
автомобильная промышленность	4,6	0,069
лесопильное производство	16,7	0,246
мясная и молочная промышленность	7,4	0,079
<i>Сельское хозяйство</i>	8,3	0,216
<i>Транспорт</i> (в среднем)	3,6	0,162
в том числе:		
железнодорожный	1,3	0,111
водный	5,0	0,345
авиационный	2,5	0,264
<i>Строительство</i>	5,3	0,312

Окончание таблицы 13

Отрасль, профессия	Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{т}}$)	Коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{\text{лн}}$)
Коммунальное хозяйство	3,2	0,037
Водитель	—	0,32
Электросварщик	—	0,20
Газосварщик	—	0,21
Грузчик	—	0,18
Слесарь	—	0,11
Крановщик	—	0,14

Риск гибели людей в непроизводственных условиях города $R_{\text{г}}$ и быта $R_{\text{б}}$ можно приближенно оценить, пользуясь данными, приведенными в табл. 14.

Таблица 14

Риск гибели людей в непроизводственных условиях

Причина гибели	В условиях города ($R_{\text{г}}$)	В условиях быта ($R_{\text{б}}$)
Автокатастрофа	2,5	10^{-4}
Авиакатастрофа	1	10^{-5}
Электротравма	6	10^{-6}
Падение человека	1	10^{-4}
Падение предметов на человека	6	10^{-6}
Воздействие пламени	4	10^{-5}
Утопление	3	10^{-5}
Авария на АЭС (на границе территории АЭС)	5	10^{-7}
Природные явления (молнии, ураганы и пр.)	10^{-6}	10^{-7}

Вычисление вероятности гибели человека в цепи несовместимых событий производится по формуле

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (10)$$

где R_{Σ} - суммарный риск от n последовательных событий;
 R_i - вероятность индивидуального события.

Практическая часть

Порядок проведения работы

1. Внимательно изучите вариант задания, выданный преподавателем.

2. В соответствии с полученным заданием проведите оценку условий труда на рабочем месте по каждому негативному фактору, указанному в описании варианта, и определите класс вредности условий труда по табл. 1-4, 7, 8. Заполните таблицу О-1 отчета по лабораторной работе.

3. Проведите количественную оценку скрытого ущерба здоровью по фактору неблагоприятных условий производства на основании общей оценки класса условий труда. Значения $K_{пр}$ выберите из табл. 9.

4. При оценке ущерба здоровью только по показателю тяжести трудового процесса воспользуйтесь табл. 6 и 10.

5. При оценке ущерба здоровью только по показателю напряженности трудового процесса величину ущерба определите по классу условий труда из табл. 7 и 11.

6. Учет влияния вредных факторов городской $K_{г1}$ и бытовой $K_{г2}$ среды на здоровье людей оцените по данным, приведенным в табл. 12.

7. Полученные в пунктах 3-6 данные внесите в табл. О-2 отчета по практической работе.

8. Оцените риск получения травмы $R_{тр}$ или риск гибели на производстве $R_{ли}$, согласно формулам (8) и (9), подобрав величины коэффициента частоты травматизма $K_{ч}$ и коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом $K_{ли}$ из табл. 13, а риск гибели в непроизводственных

условиях города R_{Γ} и быта R_{δ} - из табл. 14. Результаты занесите в табл. О-3 отчета по лабораторной работе.

9. Сделайте выводы и предложите рекомендации по увеличению ВСПЖ и снижению риска $R_{\Gamma p}$ и $R_{\text{ли}}$.

Варианты заданий

Вариант № 1

Определите сокращение продолжительности жизни рабочего-заточника в зависимости от класса условий труда в механическом цехе, условий проживания, поведения и суммарный риск его гибели.

Работа ведется электрокорундовыми кругами. Количество окиси кремния (3-й класс опасности) в воздухе рабочей зоны превышает ПДК в 1,5 раза. При заточке присутствует отраженная блескость. При контакте со шлифовальным кругом, вращающимся со скоростью 6300 об/мин, заточник испытывает воздействие локальной вибрации, превышающей допустимую на 9 дБ.

Уровень шума превышает допустимый на 25 дБА. Освещенность в цехе из-за сильного загрязнения системы освещения составляет 0,5 E_n (разряд зрительной работы - IV).

Живет заточник около нефтеперерабатывающего завода, ему 45 лет, трудиться начал с 15 лет, выкуривает более 20 сигарет в день в течение 30 лет. Время в пути до места работы составляет 1 ч, в транспорте заточник также подвергается воздействию вибрации.

Вариант № 2

Определите величину сокращения продолжительности жизни и величину риска гибели мастера (инженера) участка виброуплотнения и термообработки стержневых смесей литейного цеха. Вентиляция в цехе работает неэффективно. Печи индукционного нагрева работают на частоте 3,0 МГц с интенсивностью поля, превышающей ПДУ более чем в 5 раз.

Вибрация на рабочем месте мастера превышает допустимую на 12 дБ. Уровень шума превышает допустимый на 15 дБА.

Интенсивность теплового потока на рабочем месте составляет $1,05 \text{ кВт/м}^2$ (норма - $0,35 \text{ кВт/м}^2$).

Запыленность алюминиевой и магниевой пылью (2-й класс опасности, без особого действия), загазованность воздуха рабочей зоны парами аммиака, ацетона, окисью углерода (3-й класс опасности, влияет на репродуктивную функцию) превышает ПДК в 7 раз.

Мастер живет за городом, куда добирается на электричке и автобусе в течение 1,5 часа. Дом его расположен около железнодорожного переезда и уровень инфразвука от маневровых тепловозов в доме в ночное время превышает ПДУ на 10 дБ. Ему 60 лет, из них 45 лет он курит в среднем по 12 сигарет в день. Трудовой стаж 40 лет.

Вариант № 3

Определите величину сокращения продолжительности жизни оператора гибкого автоматизированного комплекса, рабочее место которого оснащено компьютером буквенноцифрового типа, на котором он работает более 4 ч за смену, и пультом управления с большим числом контрольно-измерительных шкальных приборов. Оператор постоянно, с длительностью сосредоточенного наблюдения более 45% от времени смены, обрабатывает информацию, внося коррекцию в работу комплекса. При этом он несет полную ответственность за функциональное качество вспомогательных работ, а также за обеспечение непрерывного производственного процесса. Обеспечение последнего зависит от оперативного принятия управленческих решений.

Вариант № 4

Определите величину сокращения продолжительности жизни и величину риска гибели 50-летнего инженера,

поступившего работать мастером окрасочного цеха на Ижевский автозавод в 25 лет.

Содержание в составе лакокрасочного аэрозоля - стирола, фенола (3-й класс опасности, без особенностей действия), формальдегида (2-й класс опасности, влияет на репродуктивную функцию) составляет 7,5 ПДК. Уровень шума при пневматической окраске превышает ПДУ на 25 дБА, освещенность в цехе из-за постоянного наличия лакокрасочного тумана составляет меньше 0,5 E_n (разряд зрительной работы - VI); уровень статического электричества при окраске с помощью центробежной электростатической установки УЭРЦ-1 составляет менее 5 ПДУ.

Степень ответственности за окончательный результат работы (боязнь остановки техпроцесса, возможность возникновения опасных ситуаций для жизни людей и др.) составляет класс условий труда 3.2. Из-за дефицита времени по напряженности труда работа мастера относится к классу 3.1.

Живет инженер в районе завода на Автозаводской улице.

Вариант № 5

Определите величину сокращения продолжительности жизни маляра - женщины, которая окрашивает промышленные изделия с помощью краскопульта весом 18 Н в течение 80% времени смены, т.е. 360 мин, при этом она выполняет около 30 движений с большой амплитудой в минуту. Уровень звука в цехе превышает норму на 7 дБА, освещенность составляет 0,6 от E_n при выполнении IV разряда зрительной работы. Загазованность, вызванная испарением растворителей краски (ацетон, уайт-спирит - 4 класс опасности), превышает ПДК в 3,5 раза (уайт-спирит влияет на репродуктивную функцию).

Живет работница рядом с хлебозаводом, который работает круглосуточно. Системы вентиляции создают в ночное время уровни шума, превышающие ПДУ на 25 дБА. Добирается домой на двух видах городского транспорта в течение 1 часа 15

мин. Она курит в течение уже 20 лет, в среднем по 15 сигарет в день, ей 55 лет, рабочий стаж 35 лет.

ОТЧЕТ
по практической работе
«Оценка условий жизнедеятельности»

Группа _____

Студент _____

**Итоговые таблицы по оценке условий труда
по степени вредности и опасности
и по показателям тяжести и напряженности**

Таблица О-1

[illegible]

Класс условий труда по факторам производственной среды: _____.

Класс условий труда по тяжести и напряженности: _____.

Таблица О-2

Класс условий деятельности	СПЖ
СПЖ _{пр}	
СПЖ _г	
СПЖ ₆	
СПЖ _Σ	

Таблица О-3

Показатель травматизма	Расчет риска
K_q	
$K_{\text{ли}}$	
K_r	
K_6	
R_r	
R_6	
R_{Σ}	

Выводы и рекомендации по увеличению СПЖ и снижению рисков $R_{\text{тр}}$, $R_{\text{си}}$:

Работу выполнил	Дата	Работу принял	Дата

ГЛАВА 2. ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОПАСНОСТЕЙ

2.1. Организационно-технические показатели и критерии

2.1.1. Критерии и показатели комфортности и опасности

Комфорт (англ. comfort), бытовые удобства. В широком понимании «комфорт» - отсутствие разлада с собой и окружающим миром. В узком понимании «комфорт» — оптимальное сочетание параметров микроклимата и уюта в зонах деятельности и отдыха человека.

Комфортными называются такие параметры окружающей среды, которые позволяют создать наилучшие для человека условия жизнедеятельности.

В качестве показателей комфортности устанавливают значения температуры, влажности и подвижности воздуха в помещениях.

Критериями комфортности являются значения нижнего и верхнего предела этих показателей.

Тепловой комфорт, наиболее предпочтительное (комфортное) тепловое состояние организма человека; характеризуется определенным содержанием и распределением теплоты в поверхностных и глубоких тканях тела при минимальном функциональном напряжении системы терморегуляции.

Показателями опасности (вредности) окружающей среды являются значения концентраций вредных веществ и значения уровней энергетических воздействий в жизненном пространстве.

Критериями безопасности являются ограничения, вводимые на показатели опасности, то есть на концентрации веществ, и потоки энергий в жизненном пространстве.

$$C < \text{ПДК}, \quad (2.1)$$

где C – концентрация вещества в жизненном пространстве;
ПДК – предельно допустимая концентрация вещества в жизненном пространстве.

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями:

$$I < \text{ПДУ}, \quad (2.2)$$

где I – интенсивность потока энергии;

ПДУ – предельно допустимый уровень потока энергии.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются нормативными актами Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования РФ.

В тех случаях, когда состояние среды обитания не удовлетворяет критериям безопасности и комфортности, неизбежно возникают негативные последствия. Для интегральной оценки влияния опасностей на человека и среду обитания используют ряд показателей негативности. К ним относятся:

1) Численность пострадавших ($T_{\text{тр}}$)

2) Показатель частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$) определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_{\text{ч}} = T_{\text{тр}} \times 1000 / C, \quad (2.3)$$

где C – среднесписочное число работающих.

3) Показатель тяжести травматизма $K_{\text{т}}$ характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_{\text{т}} = D / T_{\text{тр}}, \quad (2.4)$$

где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

4) Показатель нетрудоспособности

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{т}}, \quad (2.5)$$

5) Численность пострадавших, получивших профессиональные или региональные заболевания (T_3);

6) Показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ) при воздействии вредного фактора или их совокупности. К показателям СПЖ относятся абсолютные значения АСПЖ в сутках и относительные показатели ОСПЖ, определяемые по формуле:

$$\text{ОСПЖ} = (\text{П} - \text{АСПЖ}/365) / \text{П}, \quad (2.6)$$

где П – средняя продолжительность жизни, лет.

Показатели сокращения продолжительности жизни могут определяться как для воздействия одного вредного фактора, так и для их совокупности.

Система показателей опасности и комфортности представлена на рис. 2.1.

Система показателей и критериев			
▼	▼	▼	▼
Показатели комфортности	Показатель и (критерии) опасности	Показатели негативности техносферы (травматизма)	Показатели продолжительности жизни
t^0	С (ПДК)	Исходные показатели: Тгр, Д, ТЗ	П
ϕ	І (ПДУ)	Расчетные показатели:	АСПЖ
v		Кч, Кт, Кн	ОСПЖ

Рис. 2.1. Система показателей опасности и комфортности

2.2. Понятие о риске

При наличии опасности возникает риск. В общем случае *риск* – сочетание вероятности и тяжести последствий наступления событий. Риск появляется только тогда, когда есть опасность нанесения ущерба.

В наши дни существует множество вариантов классификации рисков, зависящих от тех или иных

классификационных признаков, принимаемых авторами. Так, в частности, в зависимости от объекта риска (потенциальной жертвы) различают индивидуальный, технический, социальный, экономический, экологический и другие риски.

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности.

Индивидуальный профессиональный риск – вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти в зависимости от состояния условий труда (рисков его травмирования на рабочем месте), возраста, трудового стажа, состояния здоровья работника.

Технический риск – вероятность отказа технических устройств с последствиями определённого вида и уровня за определённый период функционирования опасного производственного объекта.

Социальный (коллективный) риск – это риск проявления опасности того или иного вида для коллектива, группы людей, для определённой социальной или профессиональной группы людей. Частным случаем социального риска является экономический риск, который определяется соотношением пользы и вреда получаемого обществом от рассматриваемого вида деятельности.

Потенциальный территориальный риск – распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня в некоем пространстве.

Приемлемый (допустимый) риск – риск, уровень которого принят обществом допустимым на основании социально-экономических соображений. Риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск. Приемлемый риск представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Одна из возможных классификаций видов риска с указанием их источников и краткой характеристикой приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классификация и характеристика видов риска

<i>Вид риска</i>	<i>Объект риска</i>	<i>Источник риска</i>	<i>Нежелательно е последствие</i>
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельност и человека	Заболевания, травмы, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации	Авария (катастрофа), взрыв, пожар, разрушение
Социальный (коллективный)	Социальные группы (коллективы)	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые заболевания и травмы, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальн ые ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, экономический ущерб от недостаточной защищенности
Экологический	Экологическ ие системы	Антропогенное воздействие на окружающую среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические кризисы и катастрофы, разрушение экосистем, снижение биоразнообразия, исчезновение биологических видов

Величина приемлемого риска для различных обществ, социальных групп и отдельных людей различная. Так, даже чрезвычайно высокий риск смерти признаётся обществом (или иной группой людей) приемлемым, например, для защиты своей территории от внешней агрессии в случаях ведения военных действий (войны).

Другим примером допустимости (приемлемости) высокого уровня риска является высокий риск пожарных, спасающих людей во время пожара, причём, чем больше людей предполагается спасти, тем с большим риском может проводиться спасение (например, риск ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС).

В настоящее время принято считать, что в условиях действия техногенных опасностей индивидуальный риск является приемлемым, если его величина в целом не превышает значение, равное 10^{-6} .

Индивидуальный риск можно определить по числу жертв реализованных факторов риска по зависимости:

$$R_u = P_t : L_f, \quad (2.7)$$

где R_u – индивидуальный риск;

P_t – число пострадавших (погибших) за единицу времени t от определенного фактора риска f ;

L_f – число людей, подвергавшихся воздействию соответствующего фактора риска f в единицу времени t .

Технический риск выражает вероятность аварии или катастрофы в результате аварий машин, механизмов, технологических процессов, при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений и т.п. Величину технического риска можно определить по зависимости

$$R_m = A_t : T_f, \quad (2.7)$$

где R_m – технический риск;

A_t – число аварий за единицу времени t на идентичных технических объектах и системах;

T_f – число идентичных технических систем и объектов, подвергавшихся общему фактору риска f в единицу времени t .

Социальный (коллективный) риск оценивают по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы по зависимости

$$R_c = [1000 (C2 - C1)_t] : L_f, \quad (2.7)$$

где R_c – социальный риск;

$C1$ – число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе до начала периода заболевания от воздействия фактора риска f или до начала чрезвычайных событий;

$C2$ – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдений за болезнями от воздействия фактора риска f или после затухания чрезвычайной ситуации;

L_f – общая численность исследуемой группы, подвергавшейся воздействию фактора риска f .

Экологический риск (эколого-экономический) рассчитывают по зависимости

$$R_{\text{эк}} = P_j(S_j) \cdot P_{kij}(i, z_{kj}, S_j) \cdot X_i, \quad (2.7)$$

где $P_j(S_j)$ – вероятность нарушения окружающей среды объёмом (S_j) ;

$P_{kij}(i, z_{kj}, S_j)$ – условная вероятность k -го объекта получить ущерб X_i , выраженный в стоимостной форме, в результате отклонения состояния окружающей среды от нормативного значения на величину S_j и при проведении защитных мероприятий от этого воздействия объёмом z_{kj} ;

j – индекс, определяющий вид нарушения окружающей среды.

Экономический риск – это возможность понести потери вследствие случайного характера результатов принимаемых хозяйственных решений или совершаемых действий. Экономический риск имеет много видов и проявлений.

Существенный ущерб техногенные катастрофы и стихийные бедствия наносят экономике и экологической обстановке России.

Оценка риска служит основой для исследований и выработки мер управления риском. В настоящее время используется четыре основных подхода к оценке риска:

- *инженерный* – опирается на статистику поломок и аварий, на вероятностный анализ безопасности;
- *модельный* – использует метод построения моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду;
- *экспертный* – основан на опросе опытных экспертов;
- *социологический* – заключается в исследовании отношения населения к различным видам риска.

Анализ риска является самостоятельной областью научных исследований.

Практическое задание №2

Основные показатели опасности и риска на производстве

Традиционно для количественного определения опасности персонала оценивается число фактических факторов опасности или оцениваются исходы несчастных случаев в их взаимосвязи с общими производственными показателями.

Наиболее часто применяются следующие показатели (таблица № 1):

H_u – частота несчастных случаев на 1000 занятых работников за рассматриваемый период времени (обычно за 1 год); в страховых организациях, как правило, за 3-5 лет):

$$H_u = \frac{U \cdot 10^3}{V}, \text{ где} \quad (1),$$

U – число несчастных случаев;

V – численность занятых работников.

H_M – частота несчастных случаев на 1 млн. эффективных часов работы.

$$H_M = \frac{U \cdot 10^6}{T_v}, \text{ где} \quad (2),$$

T_v – эффективное рабочее время в часах с учетом полностью и частично занятых рабочих.

L_u – потенциал опасности травмирования:

$$L_u = \frac{T_u}{V}, \text{ где} \quad (3),$$

T_u – общее число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям с различными исходами за принятый период времени.

G – подверженность опасности, угроза опасности (коэффициент тяжести):

$$L_u = \frac{T_u}{T_v}, \text{ где} \quad (4),$$

в пересчете на 1 млн. эффективного рабочего времени:

$$G_m = \frac{T_u \cdot 10^6}{T_v}, \text{ где} \quad (5),$$

K_T – коэффициент тяжести:

$$K_T = \frac{T_u}{V} \quad (6),$$

показатель тяжести:

$$K_u = \frac{T_u \cdot 10^3}{V} = H_u \cdot K_T \quad (7),$$

В качестве вспомогательной характеристики в расчетах временных затрат (потерь) используется также «среднее рабочее время».

$$T_0 = \frac{T_v}{V} \quad (8),$$

K – класс опасности:

$$K = \frac{\alpha \cdot 10^3}{e} \quad (9),$$

α , e – соответственно, суммарные возмещения (выплаты) пострадавшим при несчастных случаях и заработная плата всех застрахованных работников за определенный (обычно пятилетний) период времени.

Таблица 1

Основные зависимости показателей на производстве

Показатель	Основные зависимости и формулы
Частота несчастных случаев (коэффициент частоты) на 1000 работников	$H_u = \frac{U \cdot 10^3}{V} = \frac{K_u}{K_T} = \frac{H_m \cdot T_0}{10^3} \quad (1)$
Частота несчастных случаев на 1 млн. эффективных часов работы	$H_m = \frac{U \cdot 10^6}{T_v} = \frac{H_u \cdot 10^3}{T_0} = \frac{G}{K_T} \quad (2)$
Коэффициент тяжести	$K_T = \frac{T_u}{V} = \frac{K_u}{H_u} = \frac{G_m}{H_m} \quad (6)$
Показатель тяжести	$K_u = \frac{T_u \cdot 10^3}{V} = H_u \cdot K_T \quad (7)$
Потенциал опасности	$L_u = \frac{T_u}{V} = \frac{H_u \cdot K_T}{10^3} = \frac{G_m \cdot T_0}{10^6} \quad (3)$
Подверженность опасности	$G_m = \frac{T_u \cdot 10^6}{T_v} = H_m \cdot K_T = \frac{K_u}{T_0} \quad (5)$
Среднее рабочее время (в год или другой принятый для анализа интервал времени) на одного работника	$T_0 = \frac{T_v}{V} = \frac{K_u \cdot 10^3}{G_m} = \frac{H_u \cdot 10^3}{H_m} \quad (8)$
Класс опасности	$K = \frac{\alpha \cdot 10^3}{e} \quad (9)$

Примечание: $T_0 = T_v / V$ – среднее рабочее время на одного работника (в год или другой принятый для анализа интервал времени); U – число несчастных случаев; V – численность работников; T_v – эффективное рабочее время, и T_u – дни нетрудоспособности; α , e – соответственно, суммарные возмещения (выплаты) пострадавшим при несчастных случаях и заработная плата всех застрахованных работников за одинаковый (обычно пятилетний) период времени.

$$G_T = \frac{T_u}{T} = \frac{\sum \text{время нетрудоспособности}}{\sum \text{время экспозиции}} \quad (10)$$

В данной формуле, в отличие от формулы (4), принят более избирательный базовый показатель – время экспозиции опасности для определенной группы людей, подверженных этой опасности.

Если последствия несчастного случая выразить в деньгах, тогда подверженность опасности запишется в виде:

$$G_q = \frac{L}{T} = \frac{\sum \text{затраты на несчастные случаи}}{\sum \text{время экспозиции}} \quad (11)$$

Являясь общей мерой соответствующих последствий, деньги в виде затрат (выплат, компенсаций, пособий) приняты во всех страховых организациях в качестве главного параметра при расчетах риска.

Класс опасности (9) ориентирован на другой базовый показатель – суммарная заработная плата застрахованных работников. Он не отражает разницы в абсолютных затратах между одинаковыми классами (для предприятий с высокими и для предприятий с низкими заработками работников) при одинаковых числах и последствиях несчастных случаев.

Иногда оказывается затруднительным применением абсолютных значений тех или иных параметров, используемых в качестве базовых показателей. Для подобных ситуаций используется метод расчета сравнительных значений риска – индексов риска по каждой из известных долей совокупности неблагоприятных событий:

$$R_{q1} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{li}}{T_1 q_1}, \text{ где} \quad (12)$$

S_{li} – последствия (дни нетрудоспособности, выплаты) i -го несчастного случая с признаком сравнения l базового показателя ($i = 1, n, l = 1, m$); T_1 – интервал времени наблюдения по признаку сравнения l ; q_1 – доля, часть базового показателя (трудозатраты), приходящаяся на признак сравнения l (технологический цикл, виды работ), в процентах.

Применение параметра «индекса риска» при оценке опасности и риска травматизации на производстве позволяет использовать имеющиеся на предприятиях данные о несчастных случаях на производстве.

Наряду с параметром подверженности опасности G_m – предлагается применять параметр «индекс риска». Этот параметр отличается от «подверженности опасности» G_m принципиально иным базовым показателем. Вместо T_v расчетах целесообразно использовать время экспозиции опасности, т.е. время пребывания персонала в условиях влияния анализируемой опасности.

Близкой характеристикой, связанной с временем экспозиции производственных опасностей, следует признать показатель трудозатрат. По завершении работ этот показатель достаточно полно определяет время пребывания персонала в условиях воздействия производственных опасностей. Разумеется, показатель трудозатрат абсолютно не учитывает время воздействия опасностей на других людей, а также, их численность. В этом случае подверженность опасности должна определяться по другой зависимости, которую нельзя признать общей для всех несчастных случаев.

Расчет основных показателей опасности и риска на производстве

Задача. Рассчитать основные показатели опасности и риска производственного травматизма для отдельных видов строительных работ (за пятилетний период).

Порядок расчета:

Коэффициент частоты:

$H_u = \frac{U \cdot 10^3}{V}$ - без учета несчастных случаев со смертельным исходом;

$H_{uc} = \frac{U_c \cdot 10^3}{V}$ - с учетом несчастных случаев со смертельным исходом, где U и U_c – число несчастных случаев без учета и с учетом смертельных исходов, соответственно.

V – численность работников.

Коэффициент тяжести без учета и с учетом несчастных случаев со смертельным исходом:

$$K_T = \frac{T_u}{U}; K_{TC} = \frac{T_u + 7500 \cdot P_c}{U_c}, \text{ где}$$

T_u – дни нетрудоспособности без учета несчастных случаев со смертельным исходом.

Последствия несчастного случая со смертельным исходом, согласно рекомендациям Международной организации труда, условно приравнены к 7500 дням потери трудоспособности.

P_c – число несчастных случаев со смертельным исходом.

Потенциал опасности без учета и с учетом несчастных случаев со смертельным исходом:

$$L_u = \frac{T_u}{V}; L_{uc} = \frac{T_u + 7500 \cdot n_c}{V}.$$

Индекс риска без учета и с учетом смертельных случаев:

$$R_q = \frac{L}{q}; R_q = \frac{L_c}{q}, \text{ где}$$

L, L_c – выплаты пострадавшим в результате несчастных случаев на производстве без учета и с учетом смертельных исходов, руб.

$L = T_u \cdot 16$, где 16 – принятый тариф по средней дневной заработной плате, руб.

$$L_c = (T_u + 7500 \cdot n_c) \cdot 16$$

q – удельное время риска, %.

Класс опасности без учета и с учетом смертельных исходов:

$$K = \frac{L \cdot 10^3}{e}; K_c = \frac{L_c \cdot 10^3}{e}, \text{ где}$$

e – заработная плата всех застрахованных работников за одинаковый (обычно пятилетний) период времени (см. таблицу № 2).

Таблица № 2

Исходные данные для расчета

№ варианта	Виды строительных работ	Число несчастных случаев		Дни нетрудоспособности без учета смерт. исход.	Удельное время риска, %	Численность работающих	Заработная плата работающих
		Всего	Из них со смертельным исходом				
1	Бетонные	17	0	195	6	270	2900
2	Земляные	16	1	202	5	356	2750
3	Каменные	11	1	167	16	347	3100
4	Кровельные	4	2	46	4	298	3200
5	Монтажные	28	2	635	42	378	3500
6	Отделочные	11	0	154	18	308	3000
7	Погрузочно-разгрузочные	42	3	619	2	339	3500
8	Плотничные	15	0	216	3	326	2750
9	Вспомогательные	88	2	1554	4	461	2100
10	Бетонные	12	1	235	6	1200	2300
11	Бетонные	17	0	635	16	960	2900
12	Земляные	16	1	154	4	480	2750
13	Каменные	11	1	619	42	370	3100
14	Кровельные	4	2	216	18	2300	3200
15	Монтажные	28	2	1554	2	4150	3500

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ

3.1. Классификация (таксономия) опасностей

Качественную классификацию опасностей целесообразно нести по двухуровневой схеме, сведя в первую группу (I уровень) классификации признаки опасности: их происхождение, параметры и зоны воздействия, а именно:

- происхождение источника опасностей;
- вид потока, образующего опасность;
- интенсивность (уровень) воздействия опасности;
- длительность воздействия опасности на объект защиты;
- вид зоны 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.

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 непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности

(техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.), генерируя тем самым в среде обитания многочисленные опасности. При этом под антропогенными опасностями следует понимать опасности, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

В принципе все опасности, происходящие от 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 машины и механизмы, части разрушающихся конструкций и др.

В быту и в городских условиях человека также сопровождает целая гамма техногенных негативных факторов. К ним относятся: воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭС, промышленных предприятий, автотранспорта и мусоросжигающих заводов; 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 и др.

Таким образом, по происхождению все опасности принято делить на естественные, антропогенные и техногенные, при этом считают, что естественные опасности создаются природой, а техногенные и антропогенные опасности - рукотворны.

Более внимательное изучение происхождения опасностей позволяет выделить еще две группы опасностей: естественно-техногенные и антропогенно-техногенные. К естественно-техногенным опасностям следует отнести те, которые инициируются естественными процессами (землетрясения, ветры, дожди и т.п.), приводят к разрушению технических объектов (зданий, плотин, дорог и т.п.) и сопровождаются потерей здоровья и жизни людей или разрушениям элементов окружающей среды.

К антропогенно-техногенным опасностям 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 из-за 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 (торнадо, ураганы и т.п.), воды и снега (ливни, лавины, штормы, цунами), грунта и других видов земной массы (землетрясения, пыльные бури, оползни и камнепады, извержения вулканов и т.п.). Массовые опасности характеризуются количеством и скоростью перемещения масс различных веществ.

Массовые 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. Концентрация ингредиентов измеряется в мг/м^3 , 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, определяемой в бит/с.

Все опасности *по интенсивности воздействия* разделяют на опасные и чрезвычайно опасные.

Опасные потоки обычно превышают предельно допустимые потоки не более чем в разы. Например, если говорят, что концентрация i -го газа в атмосферном воздухе составляет ≤ 10 ПДК, то подразумевают, что это опасная ситуация, угрожающая человеку 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 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 или 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 зоны 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 межнациональными, 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».

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. К ЧП относятся крупные аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Авария - чрезвычайное происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно (в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами авария - это разрушение сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемые взрывы и (или) выбросы опасных веществ).

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.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

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. Некоторые 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 делить на *вредные (угнетающие)* и *травмоопасные (разрушающие)* факторы.

Вредный фактор - негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Травмирующий (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 воздействию опасности*, принято выделять *индивидуальные, групповые и массовые*.

Классификация опасностей позволяет для каждого конкретного случая подробно описать негативное событие и составить «паспорт» опасности, например:

- транспортный шум 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 различимая органами слуха опасность, имеющая главным образом вредное действие на человека и группы людей. На природные и техногенные объекты существенного влияния не оказывает;

- акустическое воздействие взрыва, оружейного выстрела или пуска ракеты 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 необходим для правильной оценки ее негативного влияния на людей и окружающую среду, а так же для выбора защитных мер, необходимых для устранения или локализации воздействия опасности.

3.2. Количественная оценка и нормирование опасностей

3.2.1. Порядок оценки опасности объекта

Рассмотрим какой-либо отвлеченный объект и постараемся определить степень его опасности. То есть, с какой вероятностью он может стать источником опасности (создать поражающие факторы) и какой при этом может быть ущерб.

Для начала выделим на объекте опасные элементы: то есть устройства, содержащие опасные вещества и устройства, создающие экстремальные физические условия (устройства, создающие опасные воздействия). Устройства, содержащие опасные вещества характеризуются типом вещества и его количеством. По типу их можно разделить на взрывопожароопасные вещества, вредные химические вещества, радиоактивные вещества. По объему хранящихся веществ объекты можно разделить на объекты требующие лицензирования и объекты, не требующие лицензирования. К экстремальным физическим условиям (опасным воздействиям) относят: высокие и низкие температуры; высокие давления и вакуум; циклические изменения давления; циклические изменения температуры; гидравлические удары.

Далее определим, какие события могут привести к возникновению поражающих факторов. Обычно эти события объединяют в несколько групп:

- отклонения технологических параметров; возникновение спонтанных реакций;
- разгерметизация устройств;
- неисправности оборудования и систем обеспечения;
- ошибки человека;
- отказ системы административного управления;
- внешние события.

Считается, что человеческими ошибками обусловлены 45% экстремальных ситуаций на АЭС, 60 % - при авиакатастрофах, 80 % - при катастрофах на море.

После этого, проанализируем каков возможный исход аварии. Исходами могут быть: выбросы опасных веществ, пожары и взрывы, гидродинамические удары.

Затем определим вероятность реализации каждого из исходов и причиняемый при этом ущерб. Ущерб обычно делят на социальный, материальный и экологический. Потом рассчитывают риск.

3.2.2. Краткая характеристика поражающих факторов и поражающих параметров

Основными техногенными опасностями являются взрывы, пожары, выбросы опасных химических и радиоактивных веществ, прорыв гидротехнических сооружений.

Таблица 3.1.

Техногенные опасности и их поражающие факторы

ПОРАЖЕНИЕ			
▼	▼	▼	▼
Поражающий эффект	Поражающий фактор	Поражающий параметр	Критерий поражения
Опасность		Поражающий фактор	
Взрывная		Воздушная ударная волна	
		Разлет осколков	

Пожарная	Тепловое излучение пламени
	Экстремальный нагрев воздуха
	Изменение состава воздуха
Токсическая (выбросы ОХВ)	Токсические нагрузки (отравление)
	Химическое загрязнение сред и поверхностей
Радиационная (выбросы РВ)	Проникающая радиация
	Радиоактивное загрязнение сред и поверхностей
Гидродинамическая	Волна прорыва

Взрывная опасность. Взрываться могут конденсированные взрывчатые вещества (ВВ), газы, пары и аэрозоли. Взрывы характеризуются барическими эффектами, то есть возникновением областей экстремальных давлений. При взрывах возникают два основных поражающих фактора: воздушная ударная волна и разлет осколков.

Воздушная ударная волна. Воздушная ударная волна характеризуется тремя поражающими параметрами:

- избыточным давлением во фронте ударной волны, ΔP_{ϕ} , кПа;
- длительностью фазы сжатия, τ_+ , сек;
- импульс фазы сжатия, (I_+) кПа×сек.

Основным поражающим параметром является избыточное давление во фронте ударной волны. Избыточное давление во фронте ударной волны определяется по формуле Садовского:

$$\Delta P_{\phi} = a_1 \cdot \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + a_2 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{G}}{R}\right)^2 + a_3 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{G}}{R}\right)^3 \cdot G, \text{ кг ; R, м} \quad (3.1)$$

$$\Pi = \frac{\sqrt[3]{G}}{R} \quad (3.2)$$

$$\Delta P_{\phi} = a \cdot \Pi + b \cdot \Pi^2 + c\Pi^3. \quad (3.3)$$

Краткая характеристика степеней разрушений зданий

Зона слабых разрушений ($\Delta P_{\phi} = 10 \div 20$ кПа);

Зона средних разрушений ($\Delta P_{\phi} = 20 \div 30$ кПа);

Зона сильных разрушений ($\Delta P_{\phi} = 30 \div 50$ кПа);

Зона полных разрушений, соответствует давлениям $\Delta P_{\phi} > 50$ кПа.

Слабое разрушение. Повреждение или разрушение оконных и дверных проемов, легких перегородок. Частичное разрушение или повреждение крыши. Возможны трещины в стенах верхних этажей. Эти разрушения могут быть устранены в порядке ремонта различной сложности и объема. Ущерб составляет 10-15% от стоимости здания.

Среднее разрушение. Разрушение крыш, окон, дверей, встроенных перегородок, трещины в стенах, частичное обрушение чердачных перекрытий и стен верхних этажей. После расчистки и ремонта можно использовать помещения нижних этажей. Полное восстановление возможно при капитальном ремонте здания. Ущерб составляет 30-40% от стоимости здания.

Сильное разрушение. Разрушение несущих конструкций и перекрытий верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей. Ремонт и восстановление затруднительны. Ущерб достигает 50-70% от стоимости здания, сооружения.

Полное разрушение. Разрушение или обрушение всех или большей части стен, сильная деформация или обрушение перекрытий. Из обломков образуется завал в пределах контура здания и вокруг него. Ущерб составляет $\approx 100\%$ от стоимости здания, сооружения.

Поражения людей

Поражение незащищенных людей может быть непосредственным и косвенным.

К непосредственному поражению относят травмы, получаемые в результате воздействия избыточного давления и скоростного напора воздуха. Избыточное давление приводит к мгновенному ударному обжатию, которое длится в течение времени τ_+ , постепенно ослабевая. Поток воздуха, движущийся

за фронтом ударной волны, создает давление скоростного напора, которое может перемещать тело в пространстве, приводя к столкновению с преградами и падению.

Косвенные поражения люди могут получить в результате ударов осколками и обломками зданий, оборудования, обломками деревьев, камнями, осколками разбитых стекол. При этом поражения осколками стекол могут наблюдаться до расстояний, соответствующих избыточным давлениям $\Delta P_{\phi} = 2 \dots 5$ кПа (4 кПа) и считающихся безопасными по воздействию ударной волны.

Избыточное давление $\Delta P_{\phi} < 10$ кПа считается безопасным для людей вне сооружений.

Зона безопасности для открыто расположенных людей определяется величиной избыточного давления $\Delta P_{\phi} = 10$ кПа (0,1 атм.).

Различают легкие, средние, тяжелые и смертельные поражения.

Легкие травмы (поражения) имеют место при давлениях $\Delta P_{\phi} = 20 \dots 40$ кПа. Наблюдаются ушибы, вывихи, временные функциональные расстройства, понижение слуха, расстройства речи, головная. Выздоровление в течение 7...15 суток.

Травмы средней тяжести возникают при давлениях $\Delta P_{\phi} = 40 \dots 60$ кПа. Характеризуются контузией, сотрясением головного мозга. Имеют место повреждения органов слуха, кровотечений из рта, носа, ушей, повреждения опорно-двигательного аппарата, разрывы связок, сухожилий, переломы мелких и некоторых крупных костей. Лечение до 2-х месяцев.

Тяжелые травмы наблюдаются при давлениях $\Delta P_{\phi} =$ кПа. К ним относятся: общая контузия, потеря сознания, повреждения внутренних органов и внутренние кровоизлияния, сильные кровоизлияния из носа, рта, ушей, переломы костей. Лечение свыше 3-х месяцев.

Смертельные поражения имеют место при давлениях $\Delta P_{\phi} > 100$ кПа.

Разлет осколков. Осколочные поля создаются летящими осколками технологического оборудования. Разлет осколков характеризуется такими параметрами как: масса осколка, m_{oc} , кг; скорость разлета осколка, V_{oc} , м/с.

Пожарная опасность

К техногенным пожарам относят пожары разлития, огневые шары, струевые пламени. Пожары характеризуются термическими эффектами (термической радиацией), то есть возникновением областей высоких температур. При пожарах возникают три основных поражающих фактора:

- тепловое излучение пламени (степени ожогов 1, 2, 3А поверхностные ожоги; 3Б, 4 – глубокие ожоги);
- экстремальный нагрев воздуха (среды);
- изменение состава воздуха (действие ядовитых веществ выделяющихся при взрывах и пожарах, а также недостаток кислорода).

То есть опасными факторами пожара являются: пламя, высокая температура среды и дым.

Тепловое излучение можно охарактеризовать двумя поражающими параметрами:

- интенсивностью теплового излучения (плотностью теплового потока), $J \equiv q$, Вт/м²;
- световым импульсом, U , Дж/м².

Количество теплоты Q – это энергия источника теплового излучения, Дж; ккал.

Тепловой поток W – это количество теплоты, излучаемое через изотермическую поверхность в единицу времени, Дж/с; Вт; ккал/час. 1ккал/ч=1,163 Вт. $W=Q/\tau$ [кВт].

Плотность теплового потока q (интенсивность теплового излучения) – это тепловой поток, отнесенный к единице изотермической поверхности, Вт/м². ($I \equiv q$).

$$q \equiv I = W/S = Q/(\tau \times S), [\text{кВт/м}^2]. \quad (3.4)$$

По плотности определяется мощность:

Световой импульс U – это произведение интенсивности излучения на время существования светящейся области, Дж/м².

$$U = q \times \tau_c = (Q \times \tau_c) / (S \times \tau_c) = Q/S \text{ [Дж/м}^2\text{]}.$$

τ_c – время действия источника теплового излучения (время свечения).

Радиус зоны теплового воздействия на людей определяется радиусом зоны с интенсивностью излучения $I = 4,2 \text{ кВт/м}^2$. При действии излучения такой интенсивности на открытые участки тела люди испытывают болевые ощущения.

Наиболее корректным представляется решение задачи о поражающем действии тепловой радиации на человека с использованием критериев интегральной величины количества тепла полученного телом человека за время облучения. В этом случае интегральный показатель $Q(t, R)$ рассчитывается как произведение плотности теплового потока (q) на конкретное время облучения. То есть рассчитывается удельная (приведенная к 1 м²) тепловая энергия, полученная телом человека за время облучения (это световой импульс U):

$$U = Q(t, R) = q(R) \times t = q \times \tau_c.$$

$Q(t, R)$ – тепловая энергия приходящаяся на единицу площади тела человека, кДж/м².

$q(R)$ – плотность падающего теплового потока на расстоянии R от центра пожара, кВт/м².

t – время облучения человека, сек.

При ЯВ световой импульс вызывает ожоги: 1 степень – 2...4 кал/см²; 2 степень – 4...10 кал/см²; 3 степень – 10...15 кал/см².

Экстремальный нагрев воздуха характеризуется таким поражающим параметром как температура воздуха, t_v, C^0 .

Изменение состава воздуха характеризуется несколькими параметрами, это:

- концентрация продуктов горения в воздухе (окись углерода, двуокись углерода);
- концентрация кислорода в воздухе;

– показатель ослабления света дымом.

Риск поражения населения от пожаров не должен быть выше 10^{-6} год^{-1} , т.е. $P_{\text{вн}} \leq 10^{-6} \text{ год}^{-1}$. (в - воздействие; н – нормированный риск).

Таблица 3.2.

**Интегральные критерии поражения человека
тепловым облучением**

Степень ожога	$U \equiv Q$, кДж/м²	Характер поражения	Последствия
Первая	100...200	Покраснение и припухлости кожи. Ожоги быстро заживают	Работоспособность не теряется
Вторая	200...400	Образование пузырей наполненных жидкостью. Требуют лечения	Потеря работоспособности. Санитарные потери
Третья	400...600	Полное разрушение кожного покрова, образование язв. Требуется госпитализация	Длительная потеря работоспособности. Санитарные потери
Четвертая	Более 600	Омертвление кожной клетчатки, мышц и костей, обугливание. Обязательная госпитализация	Возможен летальный исход. Безвозвратные потери

Предельное значение опасных факторов пожара, при которых еще не происходит поражения:

1) Тепловое излучение – 500 Вт/м^2 (Интенсивность теплового излучения $I \leq 500 \text{ Вт/м}^2$).

2) Температура газа – 70 C^0 ($t_{\text{ср}} \leq 70 \text{ C}^0$).

3) Концентрации: Углекислого газа $0,01...6\%$; Окиси углерода - менее $0,1\%$; Кислорода - $17...24 \%$ ($15...30 \%$).

4) Показатель ослабления света дымом на единицу длины – $2,38$. $n_d = 2,38$.

Токсическая опасность

Выбросы опасных химических веществ создают такие поражающие факторы как: токсические нагрузки (отравление); химическое загрязнение сред и поверхностей.

Токсические нагрузки характеризуются таким параметром как: концентрация опасного химического вещества в воздухе, C , мг/л; доза опасного химического вещества D , мг/кг;

Химическое загрязнение сред и поверхностей характеризуются двумя параметрами: концентрация опасного химического вещества в среде, C , мг/л; плотность химического заражения поверхности, Δ , мг/м².

Критериями поражения являются: при острых отравлениях токсодозы (LD , ID , PD); при хронических поражениях предельно допустимые концентрации ($ПДК$, мг/л) и предельно допустимые выбросы (кг/год).

Радиационная опасность

Выбросы радиоактивных веществ создают два поражающих фактора: проникающая радиация; радиоактивное загрязнение сред и поверхностей.

Проникающая радиация характеризуется: дозой излучения, D , Зв; мощностью дозы излучения P , Зв/час.

Критерием является годовая эффективная доза излучения E : для персонала РОО $E_{\text{перс}} = 20$ мЗв/год; для населения $E_{\text{насел}} = 1$ мЗв/год.

Радиоактивное загрязнение характеризуется такими параметрами как: плотность радиоактивного загрязнения, Δ , (поверхностная активность $A_{\text{пов}}$), Бк/м²; концентрация радиоактивного загрязнения, C (объемная активность $A_{\text{об}}$), Бк/м³.

Гидротехническая опасность

В результате прорыва гидротехнических сооружений создается волна прорыва. Волна прорыва является поражающим фактором и характеризуется следующими параметрами: скоростью движения фронта волны прорыва, $N_{\text{ф}}$, м/с (основной параметр); энергией волны прорыва, $E_{\text{п}}$, Дж; скоростью движения гребня волны прорыва, $N_{\text{г}}$, м/с; глубиной волны прорыва, η , м.

Таблица 3.3.

Техногенные опасности, их поражающие факторы и параметры

Техногенные опасности, их поражающие факторы и параметры									
▼		▼		▼		▼		▼	
Взрывы		Пожары		Выбросы ОХВ		Выбросы РВ		Прорыв ГТС	
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
ВУВ	РО	ТИ	ЭНВ	ИСВ	ТН	ХЗПС	ПР	РЗПС	Волна про- рыва
$\Delta P_{\text{ф}}$ τ_{+} I_{+}	m_{oc} V_{oc}	I U	$t_{\text{в}}$	C_{O_2} C_{CO_2} C_{CO} нд	D	Δ C	D P	$A_{\text{пов}}$ $A_{\text{об}}$	- E - $N_{\text{ф}}$ - $N_{\text{Г}}$ - h

3.3. Мониторинг опасностей

3.3.1. Структура системы мониторинга

Мониторинг это информационная система, создающая основу для управленческих решений. От качества мониторинга зависит возможность правильно и своевременно реагировать на возникшие опасности и предотвращать появление новых опасностей.

Мониторинг опасностей – это система систематических наблюдений за потенциально опасными объектами, оценки фактического состояния этих объектов, прогноза их состояния и оценки прогнозируемого состояния.

Наблюдения (сбор данных) является основой мониторинга, однако управленческие решения принимаются обычно не на основе данных первичных наблюдений, а на основе их обобщающих оценок. Непосредственно данные наблюдений использовать, как правило, нецелесообразно, они имеют большой объем и их понимание доступно только специалистам. Например, для оценки степени террористической опасности и информирования населения во многих странах применяется система цветовых оценок (красный, оранжевый, синий, зеленый, красный – высшая степень опасности), работа различных служб строится по заранее подготовленным планам для различных оценок опасностей. Для оценки степени загрязнения окружающей среды (ОС) часто применяются обобщенные индексы загрязнений. Опасности лучше предотвращать, чем на них реагировать, поэтому в определение мониторинга включен прогноз состояния объектов мониторинга и оценку прогнозируемого состояния.

Основные структурные блоки мониторинга связаны прямыми и обратными связями. Прямые связи показывают потоки информации от блока наблюдений к блоку управления. Обратные связи замыкаются внутри системы мониторинга, они показывают пути передачи информации для настройки

системы мониторинга в зависимости от складывающейся обстановки. Например, если прогнозируемое состояние оценивается как потенциально опасное, могут включаться дополнительные средства наблюдений и наблюдения могут проводиться в учащенном режиме. Свойством настройки системы мониторинга пользуется, например, система военной радиоразведки, когда направляет военные самолеты к границам другого государства с целью спровоцировать противника на активизацию радиолокационных средств ПВО и засечь их частоты и режимы работы.

Объектами мониторинга могут являться объекты природы, окружающей среды (ОС), производственной сферы, работающий на производстве персонал и все население. Под природой понимается объективная реальность, существующая независимо от человека как следствие эволюционного развития материального мира. Под ОС понимается часть природы, взаимодействующая с человеком. В ОС проявляются две группы опасностей: природные и связанные с деятельностью человека. Природные опасности связаны со стихийными явлениями, например, землетрясениями, снежными лавинами, наводнениями, цунами и др. Опасности в ОС, связанные с деятельностью человека, проявляются в различных видах загрязнений, незаконной хозяйственной деятельности (порубка лесов, охота, рыболовство), нарушениях ветеринарных правил и др.

В производственной сфере можно выделить опасности, возникающие в процессе функционирования технических объектов, по причинам непосредственно не связанным с неправильными действиями персонала (техногенные опасности) и антропогенные опасности, связанные с ошибочными действиями людей из-за недостаточной совместимости характеристик человека и оборудования, с неподготовленностью персонала или с сознательными нарушениями установленных норм и правил. Техногенные

опасности следует предупреждать мероприятиями, направленными на совершенствование техники. Антропогенные опасности должны устраняться мероприятиями, направленными на человека.

Для проявления многих опасностей характерен синергетический эффект, который состоит в том, что проявление одной опасностей вызывает усиление другой и т. д. (эффект домино). Например, цунами в Японии в 2011 г наряду с прямыми разрушениями вызвало аварию на атомной электростанции Фукусима.

3.3.2. Мониторинг окружающей среды

Природные объекты мониторинга – это земля, недра, вода, леса, животный мир, воздух, экологические системы, биосфера. Экологические системы изменяются под влиянием естественных и антропогенных процессов. После периодических естественных изменений экосистемы обычно возвращаются в состояние близкое к исходному состоянию. Примерами естественных изменений, которые варьируются около относительно постоянных средних значений, являются сезонные изменения температуры, давления, биомассы растений. Усредненные значения характеристик биосферы (климатические характеристики, глобальная биопродукция) существенно изменяются под влиянием естественных причин за длительные промежутки времени (тысячи лет). Антропогенные изменения происходят быстрее (десятилетия, столетия) и сопоставимы с естественными изменениями за тысячелетия. Исходя их временных масштабов и характера прослеживаемых изменений, выделяют базовый и импактный мониторинг. Базовый мониторинг – это система слежения за невозмущенными человеческой деятельностью природными системами. Для проведения мониторинга такого типа используются фоновые станции, расположенные в заповедниках, в горах, на островах. На фоне естественного

невозмущенного состояния выделяются антропогенные влияния. Импактный мониторинг – это система слежения за локальными и региональными антропогенными возмущениями в ОС. Крайний случай импактного мониторинга – это его проведение в зонах ЧС, где отклонения от фонового состояния максимальны. В зависимости от объектов и целей мониторинг ОС можно подразделить на санитарно-гигиенический мониторинг, экологический мониторинг, климатический мониторинг и ряд других его видов. Санитарно-гигиенический мониторинг касается, в основном, контроля загрязнений ОС, и сопоставления ее качества с нормативами, установленными для защиты здоровья населения. Экологический мониторинг имеет целью оценку и прогноз антропогенных воздействий на экосистемы и ответных реакций биоты на эти воздействия. Климатический мониторинг – это служба контроля и прогноза состояния климатической системы, включающей атмосферу, океан, ледяной покров.

Инструментальные средства мониторинга ОС делятся на средства локального контроля и средства дистанционного контроля. Средства локального контроля делятся на две группы: средства пробоотбора с последующим анализом проб в лабораторных условиях и средства измерений непосредственно на месте (иногда для обозначения измерений на месте употребляется латинский термин – *in situ*). Измерения *in situ* часто проводятся с помощью автоматических приборов. Средства дистанционного контроля также делятся на две группы: средства космического базирования и наземного базирования. Отдельную группу составляют средства мониторинга ОС с помощью биоиндикации.

Локальные средства мониторинга окружающей среды

Для отбора проб воздуха, аэрозолей, воды, почвы разработан ряд методик и устройств, обеспечивающих представительность (репрезентативность) пробы. Например,

отбора проб воздуха для анализа его газового и аэрозольного состава проводится с помощью электроаспираторов, которые прокачивают воздух через поглотительный прибор, при этом контролируется объем прокаченного воздуха. Контроль объема воздуха необходим, чтобы при обработке измерений можно было перейти от количества исследуемого вещества захваченного поглотительным прибором к концентрации этого вещества в воздухе. В качестве поглотительного прибора для газов используются ряд устройств: сорбционные трубки (поглощение газа, предназначенного для анализа, происходит на поверхности пористого вещества – сорбента), барбатеры (поглощение происходит на поверхности мелких пузырьков газа, проходящих через жидкость), криогенные ловушки (поглощение происходит за счет фазовых переходов газов). Для аэрозолей в качестве поглотительного прибора используются различные фильтры и импакторы (устройства, в которых для сбора аэрозоля используется инерционное осаждение). При пробоотборе интересующая нас примесь из большого объема воздуха концентрируется в небольшом объеме сорбента или на фильтре. Стандартно применяется несколько режимов пробоотбора: разовый режим (продолжительность прокачки воздуха 20 мин.), дискретный режим (в один и тот же поглотительный прибор в течении суток отбирается несколько (от 3 до 8) разовых проб, суточный режим (непрерывно в течение суток). Для анализа отобранных проб применяются различные физико-химические методы: хроматография, титранометрический метод, колориметрический метод, потенциометрический метод и др. Описание методов анализа проб выходит за пределы данного курса, оно приводится в специальной литературе.

Инструментальные средства измерения на месте относятся к экспресс-методам, они позволяют быстро получать результат анализа. Экспресс-методы широко применяются в системе мониторинга воздушной и водной среды, для контроля

радиоактивных загрязнений. Наиболее распространенным тип прибора, применимого для контроля радиоактивности – это дозиметры и радиометры. Дозиметр предназначен для измерения суммарной дозы ионизирующего излучения, полученной прибором (и тем кто им пользуется) за некоторый промежуток времени, например за время нахождения на некоторой территории или за рабочую смену. Радиометр – приборы для измерения потока ионизирующего излучения для проверки на радиоактивность предметов и оценки радиационной обстановки в данном месте в данный момент. Бытовые приборы являются, как правило, комбинированными с переключением дозиметр/радиометр. Масса бытовых приборов от 400 до нескольких десятков грамм, размеры позволяют положить их к карман.

Некоторые современные модели можно надевать на запястье, как часы. Время работы от одной батареи до нескольких месяцев. Диапазон измерения бытовых радиометров от 10 до 10 тысяч микрорентген в час (0,1 – 100 микрозивертов в час), погрешность измерения $\pm 30\%$. Дозовый предел, установленный нормами радиационной безопасности для населения, составляет 1 мЗв (миллизиверт) в год в среднем за любые последовательные 5 лет (в среднем за год 0,11 мкЗв/час), но не более 5мЗв в год (в среднем за год 0,57 мкЗв).

3.3.3. Мониторинг техногенных производственных опасностей

Техногенные опасности в производственной сфере могут быть весьма разнообразными: движущиеся тела, механические колебания, высокие температуры, электрический ток, статическое электричество, лазерное излучение, ионизирующее излучение и др. Мониторинг опасных производственных факторов может быть периодическим и непрерывным.

Для проведения периодической комплексной оценки техногенных опасностей служит специальная оценка условий

труда (СОУТ). При СОУТ оценке подлежат: гигиенические условия труда, травмобезопасность рабочих мест, обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты. Основными целями СОУТ являются:

1. Планирование и выполнение мероприятий, позволяющих улучшить условия труда на рабочих местах;
2. Доведение до сведения персонала выводов об условиях труда на рабочих местах; о наличии рисков для здоровья; действиях, направленных на защиту персонала, минимизации влияния вредных или опасных производственных факторов, а также о финансовых и социальных компенсациях, установленных для работников, деятельность которых связана с вредными условиями.
3. Оснащенность рабочих мест средствами коллективной защиты, а также выдача СИЗ персоналу с учетом действующих типовых нормативов.
4. Регулярный мониторинг состояния условий труда на рабочих местах;
5. Подготовка предварительных (при устройстве на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медосмотров в соответствии с требованиями Минтруда РФ.
6. Назначение дополнительных отпусков, надбавок к зарплате и прочих разновидностей возмещений в соответствии с установленным классом условий труда на конкретном рабочем месте.
7. Расчет размера дополнительного тарифа страховых взносов в Пенсионный фонд РФ в зависимости от классификации условий труда.
8. Скидки и надбавки к страховому тарифу на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
9. Аргументирование денежных расходов на подготовку и выполнение действий по совершенствованию условий и охраны труда, включая денежные средства на внедрение

обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

10. Формирование статистики по условиям труда (для отчета).

11. Установление наличия (отсутствия) связей между заболеванием, обнаруженным у работника и воздействием вредных производственных факторов.

12. Выявление причин профзаболеваний и несчастных случаев на производстве.

13. Улаживание вопросов по безопасности условий труда, при отсутствии единства между представителями персонала и работодателя.

14. Определение объемов и условий предоставления санитарно-бытового и медицинского обслуживания персоналу в ситуациях предусмотренных действующим законодательством и требованиями охраны труда.

15. Урегулирование вопросов, касающихся установления ограничений для отдельных категорий работников, предусмотренных Трудовым кодексом РФ.

16. Анализ степени профессиональных рисков.

Сроки проведения СОУТ устанавливаются исходя из того, что каждое рабочее место должно аттестоваться не реже одного раза в пять лет. Обязательной переаттестации подлежат рабочие места после замены производственного оборудования, после изменения технологических процессов, средств коллективной защиты, по требованию должностных лиц федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведения государственного надзора за соблюдением трудового законодательства.

СОУТ обязаны проводить все работодатели – юридические лица и работодатели – физические лица.

Примерами непрерывного мониторинга техногенных опасностей являются системы пожарной сигнализации и системы спутникового мониторинга транспорта.

Система пожарной сигнализации – это совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, передаче извещения о пожаре, выдаче команд на включение автоматических установок пожаротушения, противодымной защиты и другого оборудования. Системы пожарной сигнализации и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей. Система пожарной сигнализации основана на пожарных извещателях – устройствах для формирования сигнала о пожаре и приемно-контрольных приборах. Прибор приемно-контрольный (ППК) – это устройство, предназначенное для приема сигналов от пожарных извещателей, обеспечения электропитания активных извещателей, выдачи информации на световые, звуковые табло и пульта централизованного наблюдения, формирование стартового импульса запуска приборов пожарного управления. По принципу действия пожарные извещатели делятся на тепловые, дымовые, пламенные, газовые и ручные. Тепловые извещатели применяются, если на начальных стадиях пожара выделяется значительное количество тепла, например в складах горюче-смазочных материалов. Применение такого типа извещателя в административно-бытовых помещениях запрещено. Дымовые извещатели – это наиболее распространенный тип извещателей, использование других типов в административно-бытовых помещениях запрещено. Дымовые извещатели реагируют на продукты горения, способные воздействовать на поглощение или рассеивание излучения.

Пламенные извещатели реагируют на электромагнитное излучение пламени или тлеющего очага. Газовые извещатели реагируют на газы, выделяющиеся при тлении или горении материалов (например, на оксиды углерода). Ручные

извещатели – устройства для ручного включения сигнала пожарной тревоги в системах сигнализации.

Спутниковый мониторинг транспорта – система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологии сотовой или радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автотранспортом. Принцип работы состоит в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортных средств (ТС). Для получения дополнительной информации на ТС средство устанавливаются датчики, подключенные к GPS или ГЛОНАСС контролирующие, например: расхода топлива, нагрузку на оси, уровень топлива в баке, температуру в рефрижераторе, работу спецмеханизмов (поворот стрелы крана, работу бетоносмесителя). Применение спутникового мониторинга решает следующие задачи: помощь в навигации, контроль графика движения, сбор статистики и оптимизация маршрутов, обеспечение безопасности.

Мониторинг «человеческого фактора»

Человек в системе «человек – производственная среда» выполняет тройную роль: является объектом защиты, выступает средством обеспечения безопасности, сам может быть источником опасности. Для того, чтобы система «человек – среда» функционировала эффективно и не приносила ущерба здоровью человека, необходимо обеспечить совместимость характеристик среды и человека. Совместимость включает следующие виды совместимости: антропометрическая, биофизическая, энергетическая, информационная, психологическая. Средствам обеспечения совместимости работников с существующими условиями труда служит кадровая диагностика и профессиональный отбор. Кадровая

диагностика дает основания для профессионального отбора, по существу кадровая диагностика это мониторинг рабочей силы.

Рассмотрим технологию профессиональной диагностики на примере психодиагностики. Можно сказать, что первый законодательный акт, связанный с экспертной психодиагностикой у нас в стране, принадлежит Петру I. Это Указ «Об отрешении дураков от наследства», изданный в 1772 г. Современная психодиагностика основана на исследовании личности с помощью тестирования. Кадровая диагностика состоит из следующих трех этапов: профессиографический, критериальный, технологический. Результатом первого этапа являются профессиограмма и психограмма. Профессиограмма – комплексное описание профессиональной деятельности, составленное с учетом выдвигаемых администрацией целей. Психограмма – список психологических профессиональных качеств работника, влияющих на его эффективность в процессе достижения профессионально значимого результата. Результаты анализа трудовой деятельности позволяют сформулировать критерии, которые могут использоваться при разработке процедур профессионального отбора. На технологическом этапе разрабатывается методика психологического обследования, создается набор тестов. Результатом диагностики является описание предрасположенности оцениваемого работника к данной профессиональной деятельности.

Кроме предрасположенности к данному виду трудовой деятельности безопасность работников зависит от их профессиональной подготовки. Для мониторинга знаний работников и обучения безопасным методам работы на предприятиях проводятся следующие инструктажи: вводный, первичный, повторный (через 6 месяцев, по профессиям, связанным с повышенной опасностью через 3 месяца), внеплановый, целевой. Внеплановый инструктаж проводится при изменении правил по охране труда, замене или

модернизации оборудования. Целевой инструктаж проводит руководитель работ, на которые оформляется наряд-допуск, перед их выполнением. Ежегодно по специальным программам организуется курсовое обучение всех рабочих, инженерно-технических и руководящих работников. На предприятиях один раз в месяц рекомендуется проводить дни охраны труда.

Для проверки соблюдения норм и правил техники безопасности действует система внутреннего административно-общественного контроля. Кроме него, действует контроль состояния безопасности труда в целом по предприятию и надзор за деятельностью администрации. Соблюдение законодательства о труде, правил по охране труда на предприятиях контролирует инспекция, независимая от руководства предприятия – Федеральная инспекция труда.

Практическое задание №3

Расчет показателя Сокращения Продолжительности Жизни населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета показателя Сокращение Продолжительности Жизни населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами и провести расчеты.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать дозу внешнего облучения за 70 лет жизни.
2. Рассчитать потерю показателя СПЖ.
3. Рассчитать предотвращенную дозу облучения.
4. Рассчитать дозу внутреннего облучения и суммарное облучение.
5. Сделать вывод.

Расчет проводится с учетом современных методов, утвержденных Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,

предназначенных для определения доз облучения населения, проживающего на территории, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

1. Рассчитайте дозу внешнего облучения за 70 лет жизни (за всю жизнь) по формуле:

$$D = K \cdot П, \quad (1)$$

где D – доза облучения, бэр;

$П$ – начальная плотность загрязнения местности 137_{Cs} , Ки/км²;

K – коэффициент, зависящий от типа почв и изменяющийся в диапазоне от 0,2 до 0,8. Для песчаных почв $K = 0,8$; для черноземных – 0,2; в расчетах обычно применяют $K = 0,6$;

137_{Cs} – цезий 137, один из главных компонентов радиоактивного загрязнения атмосферы, радиоактивный нуклид химического элемента цезия.

2. Рассчитайте потерю показателя СПЖ за 70 лет по формуле

$$\Delta \text{СПЖ} = 5 \cdot D, \quad (2)$$

где $\Delta \text{СПЖ}$ потеря СПЖ, сут.

3. Ситуацию можно улучшить за счет переезда из загрязненной зоны в благоприятную зону. При переезде через 5 лет после аварии предотвращаемая доза рассчитывается как разность между дозой без применения контрмеры (переезд) и дозой после прекращения действия введенной контрмеры, может составить около 30% от ожидаемой за 70 лет при переезде через 5 лет, через 10 лет – 15%, а через 20 лет – 10%.

Расчет Сокращения продолжительности жизни

4. Рассчитайте дозу внутреннего облучения и суммарное облучение за 5, 10, 20 и 70 лет, полагая, что внутреннее облучение (от загрязнения воды и продуктов) составит около 50% от внешнего. При этом под суммарным облучением понимается сумма внешнего и внутреннего облучения.

Расчет Δ СПЖ необходимо выполнить для плотности загрязнения 20, 40, 60, 80, 100, 400 и 700 Ки/км². Результаты расчета необходимо оценить в % исходя из условия, что в течение 70 лет человеку отпущено $70 \cdot 365 = 25550$ суток. Результаты представить в табличном виде.

Таблица 3.1

Таблица расчетных показателей

Расчетная величина	Плотность загрязнения местности 137_{Cs} , Ки/км ²						
	20	40	60	80	100	400	700
Доза внешнего облучения D , бэр							
Д СПЖ, сут.							
Д СПЖ, %							
При переезде через 5 лет							
Доза внешнего облучения D_5 , бэр							
Д СПЖ, сут.							
Д СПЖ, %							
При переезде через 10 лет							
Доза внешнего облучения D_{10} , бэр							
Д СПЖ, сут.							
Д СПЖ, %							
При переезде через 20 лет							
Доза внешнего облучения D_{20} , бэр							
Д СПЖ, сут.							
Д СПЖ, %							

Таблица 3.2

Расчет внешней и суммарной дозы облучения

Расчетная величина	Плотность загрязнения местности ^{137}Cs , Ки/км ²						
	20	40	60	80	100	400	700
Доза внешнего облучения D , бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 5 лет							
Доза внешнего облучения D_5 , бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 10 лет							
Доза внешнего облучения D_{10} , бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							
При переезде через 20 лет							
Доза внешнего облучения D_{20} , бэр							
Доза внутреннего облучения							
Суммарная доза							

ГЛАВА 4. ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ

4.1 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 °С зафиксирована 21 июля 1983 г в Антарктиде. Самым холодным обитаемым местом в мире считается село Оймякон (Якутия, Россия). В 1933 г. здесь фиксировалось -68 °С. Самая высокая температура в тени +58 °С зафиксирована 13 сентября 1922 г. в Ливии.

Реальные температурные условия пребывания человека в атмосферном воздухе могут изменяться в широких пределах: от -30 °С и ниже (работа на открытых площадках в зимних условиях) до +40° С и выше при пребывании в условиях жаркого климата.

Установлено, что при достижении температурного уровня в 27-28 °С эффективность работы человека снижается, а число ошибок возрастает. Нижняя граница допустимого температурного уровня для работы составляет +18 °С. Известно, что при температуре +13°С несчастные случаи на производстве происходят на 34% чаще, чем при 18°С.

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

абиотических факторов также могут стать причиной возникновения естественных опасностей, но их проявления возникают, как правило, реже и менее значимы для жизнедеятельности человека.

4.2. Понятие и классификация опасных ситуаций природного характера

Стихийные бедствия в силу их масштабности и распространенности сопровождаются нарушением жизнедеятельности населения и огромными людскими и материальными потерями.

Опасность природного характера - это событие природного происхождения или результат деятельности природных процессов, которые по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности могут вызвать поражающее воздействие на людей, объекты экономики и окружающую природную среду.

Стихийное бедствие - это разрушительное природное и (или) природно-антропогенное явление или процесс значительного масштаба, в результате которого может возникнуть или возникла угроза жизни и здоровью людей, произойти разрушение или уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды.

В литературе часто используется понятие «экстремальная ситуация» (ЭС), которое отражает воздействие на человека опасных и вредных факторов, приведших к несчастному случаю, к травмам различной тяжести или чрезвычайному отрицательному эмоциональному психологическому воздействию. ЭС может разрешиться внешне вполне благополучно, но как правило, она не проходит бесследно для человека, испытавшего ее воздействие. Население должно быть готово к действиям в ЭС, которые могут произойти с ними в процессе жизнедеятельности, и заблаговременно предусмотреть меры оказания помощи попавшим в ЭС.

Чтобы уменьшить отрицательное воздействие неблагоприятных факторов, сохранить самообладание, выдержку, способность к самопомощи, необходимо проводить психологическую, физическую и другие виды подготовки лиц, которые могут оказаться в ЭС. Она как правило, имеет локальный характер.

ЧС – события, отличающиеся масштабностью, охватывает значительную территорию и угрожающие большому числу людей. Деление ситуаций на ЭС и ЧС носит условный характер, разграничений по размерам нет.

В целом ЧС можно рассматривать как совокупность ЧС и ЭС. ЭС при определенных условиях может перерасти в ЧС.

Совокупность ЭС и ЧС называется опасной ситуацией. В основе ЭС и ЧС лежит остаточный риск, вытекающий из потенциальной опасности любой деятельности человека.

Общие закономерности стихийных бедствий.

Стихийные бедствия по своей природе происхождения весьма разнообразны, но имеют некоторые общие закономерности:

- они не могут быть ликвидированы полностью.
- общее число экстремальных событий, ведущих к возникновению стихийных бедствий, постоянно увеличивается. При этом растут разрушительная сила и интенсивность стихийных бедствий, число жертв, моральный и материальный ущерб;
- возрастающая «общая чувствительность» мирового сообщества к стихийным бедствиям, подразумевает выделение сообществом все большего числа ресурсов на подготовку и проведение различных глобальных организационных и технических мероприятий; на подготовку защитных сооружений;
- выявление основных общих факторов, без которых нельзя надежно прогнозировать материальный ущерб и число жертв при любых стихийных бедствиях;

- для стихийных бедствий может быть установлена пространственная приуроченность;
- связь силы и интенсивности стихийного бедствия с его частотой и повторяемостью.

Надо учитывать, что все классификации в определённой степени условны. Наибольшую практическую ценность имеет классификация ОС по характеру лежащих в её основе базовых явлений и процессов с одновременным учётом общего характера последствий:

1. *Геофизические опасные природные явления (ОПЯ):*

- землетрясения;
- извержения вулканов.

2. *Геологические ОПЯ:*

- оползни, сели, обвалы, осыпи, снежные лавины;
- склоновый срыв;
- просадка лессовых пород;
- просадка земной поверхности в результате карста;
- абразия, эрозия;
- курумы, пыльные бури.

3. *Метеорологические и агрометеорологические ОПЯ:*

- бури, ураганы, смерчи, торнадо.
- шквалы, вертикальные вихри.
- крупный град;
- сильный дождь, ливень;
- сильный снегопад; сильный гололёд; сильный мороз; заморозки;
- сильная жара; засуха; суховей
- сильный туман;

4. *Морские гидрологические ОПЯ:*

- тропический циклон (тайфун);
- цунами;
- сильное волнение;
- сильное колебание уровня моря;
- сильный тягун в портах;

- ранний ледяной покров и припай;
- напор льдов;
- интенсивный дрейф льдов;
- непроходимый (труднопроходимый) лёд;
- обледенение судов и портовых сооружений;
- отрыв прибрежных льдов.

5. *Гидрологические ОЯ:*

- высокие уровни воды;
- половодье;
- дождевые паводки;
- заторы и зажоры;
- ветровые нагоны;
- низкие уровни воды;
- ранний ледостав и появление льда на судоходных водоёмах и реках.

6. *Гидрогеологические опасные явления:*

- низкий уровень грунтовых вод;
- высокий уровень грунтовых вод.

7. *Природные пожары:*

- лесные пожары;
- пожары степных и хлебных массивов;
- торфяные пожары;
- подземные пожары подземных ископаемых.

4.3. Геофизические опасные природные явления

Внутреннее строение земли. Мы живем на одной из планет Солнечной системы, которая предоставляет собой совокупность небесных тел в одном из уголков необъятного звездного мира. Планеты расположены в следующем порядке от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Средний радиус Земли равен 6371 км, а полярный 6356,78 км. Масса Земли составляет $5,976 \cdot 10^9$ триллионов тонн. Объем Земли равен $1,083 \cdot 10^{27}$ см³.

Верхний слой каменной оболочки земли, т.е. **ЛИТОСФЕРЫ**, отделенный от нижележащих слоев (мантии) «поверхностью Мохоровича», именуется земной корой.

Различают два основных типа земной коры: *континентальную*, из которой состоят материки, и *океанскую*, образующую дно океанов. Средняя мощность континентальной коры равна 25-75 км.

Верхнюю часть континентальной коры составляют осадочные породы мощностью около 3 км. Ниже залегает гранитно-метаморфический слой средней мощностью около 17 км. Еще ниже находится базальтовый слой средней толщины 15 км.

Самая верхняя оболочка нашей планеты – земная кора – представляет собой весьма тонкое «покрывало», под которым скрыты беспокойные недра Земли.

Земная кора отделяется от нижележащего слоя поверхностью Мохоровича (границей Мохо). Ниже ее располагается мантия Земли. Ученые делят мантию на верхнюю и нижнюю. Характерная черта строения верхней мантии – ее расслоенность.

Нижняя мантия характеризуется большей плотностью вещества. Под нижней мантией сокрыто земное ядро. Оно состоит из двух концентрических оболочек с несколько различающимся составом.

Ядро Земли состоит из железа и никеля, а внешнее - сложено сверхплотными силикатами, которым присуще высокое содержание железа и никеля.

Землетрясения - подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии Земли и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний (ГОСТ Р 22.0.03-95).

Область возникновения подземного толчка представляет собой, определенный объем в толще земли и именно в его пределах происходит процесс высвобождения накопившейся

энергии. В центре очага условно выделяется точка – *гипоцентр*, его проекция на поверхность земли называется – *эпицентр*. Глубина гипоцентра может достигать 30 км, а в отдельных случаях до 750 км. Продолжительность колебаний грунта 20-25 сек (иногда до 90 сек.).

Ежегодно на земле происходит более 100 землетрясений, приводящих к различного рода разрушениям. Землетрясения занимают первое место по числу погибших и экономическому ущербу. Ученые всего мира работают над тем, чтобы уменьшить последствия этого страшного бедствия прежде всего за счет того, чтобы заранее предупредить население о приближении землетрясений.

Причины землетрясений. Поверхность земной коры делится на несколько огромных частей, которые называются тектоническими плитами. *Их шесть:* североамериканская, южноамериканская, атлантическая, евроазиатская, африканская, тихоокеанская. Тектонические плиты находятся в непрерывном движении, которое составляет не более нескольких сантиметров в год.

Согласно теории тектонических плит землетрясения являются результатом столкновения этих плит и сопровождаются изменениями поверхности Земли в виде складок, трещин и тому подобному, которые могут простираться на большие расстояния. Районы расположенные вблизи границ тектонических плит, в наибольшей степени подвержены землетрясениям. Это прежде всего Калифорния, Япония, Греция, Турция.

Существует два главных сейсмически активных пояса:

1. Средиземноморско-Азиатский проходящий через Португалию, Италию, Грецию, Турцию, Иран, северную часть Индостана и далее до Малайского архипелага;
2. Тихоокеанский - проходит через Японские острова, Китай, Дальний Восток, Камчатку, о. Сахалин, Курильские острова и

береговой пояс западного побережья Американского континента.

Основная часть линий раскола земной коры проходит по морям и океанам. *Гигантские плиты трутся друг о друга на дне океана*, и потому большое количество землетрясений на Земле ($\approx 90\%$) происходит незамеченными для человека. Ученые установили, что две крупнейшие плиты – африканская и евроазиатская движутся на встречу друг другу со скоростью – 1-2 см. в год. Граница простирается на десятки тысяч км от Гибралтара до Индии. Но это не единственная причина землетрясений. В отличие от традиционной гипотезы объясняющей землетрясения только внутриземными процессами, не поддающимися измерению, существует другая версия. Речь идет о конкретных связях с процессами на Солнце, в межпланетной среде и в земной атмосфере. Все ионии могут быть объяснены в рамках современных представлений солнечно-земной физике.

Таким образом, генезис сильных землетрясений, следует рассматривать не только в геологическом, но и в солнечно-земном аспекте. Связь сейсмичности Земли с процессами на Солнце и в межпланетной среде была установлена в 60-х г.

Одна из наиболее характерных особенностей процессов на Солнце – **цикличность**. С открытием солнечных пятен (Г. Галилей, 1611 г.) и при дальнейшем исследовании было установлено, что их число и размеры непрерывно меняются, подчиняясь 11 -летней цикличности (закон Швабе-Вольфа). Появившийся термин «*солнечная активность*» фактически обозначал пятнообразовательную деятельность светила. Было установлено также, что в межпланетном пространстве постоянно существует *солнечная плазма* с главным направлением движения почти рационально от Солнца к поверхности Земли со средней $V \approx 500$ км/с и плотностью в несколько частиц в 1 см^3 . Этот поток плазмы (протонов, электронов, альфа-частиц и др.) получил название солнечного

ветра, который принято разделять на спокойный и возмущенный. Возмущения солнечного ветра, или межпланетной среды, состоят в увеличении скорости и концентрации частиц, увеличении межпланетного магнитного поля и других его параметров.

Интенсивность и повторяемость этих возмущений зависят от уровня солнечной активности и, соответственно, от фазы 11-летнего цикла. Таким образом, солнечная активность включает в себя комплекс физических явлений на Солнце, приводящих к вариациям интенсивности солнечного излучения, вызывающих возмущение межпланетной среды, которые и оказывают влияние на земные процессы. Эти процессы на Солнце и в межпланетной среде вызывают полярные сияния, геомагнитные бури, различные явления в верхней атмосфере и, соответственно, воздействуют на погоду и климат. Солнечная активность влияет и на биологические процессы, в частности на здоровье человека.

Возмущения в межпланетной среде, нарушая равновесные состояния в различных земных сферах – атмосфере, магнитном поле, земной коре, - приводят к нарушению нормальных физических условий среды обитания человека. Это и проявляется в патологических реакциях. Особенно сильно реагируют на такие возмущения люди, страдающие сердечнососудистыми заболеваниями и психически неустойчивые. Как оказалось, во время этих возмущений межпланетной среды и связанных с ними возмущений атмосферы происходят и сильные землетрясения, иногда серии сильных землетрясений в различных регионах Земли.

Если рассмотреть региональные атмосферные условия возникновения сильных землетрясений, то обнаружится, что в тех или иных сейсмических зонах они возникают при вполне определенных типичных перестройках атмосферного давления в прилегающих к этим зонам районам. В это время массы атмосферы относительно эпицентра перераспределяются.

Чтобы исследовать зависимость сейсмичности Земли от фазы 11-летнего солнечного цикла, использовались значения суммарной энергии землетрясений и количество сильных землетрясений за год для всей земли и отдельных ее регионов, полученные на основании многолетних инструментальных наблюдений, а также и другие характеристики. При этом было обнаружено, что сейсмичность Земли увеличивается почти в два раза по сравнению с другими годами вблизи максимума 11-летнего цикла, через 3 года после него и вблизи минимума. Именно в эти годы на земном шаре с начала XX столетия (XX век) произошли практически все самые сильные землетрясения с магнитудой более 8. Аналогичные зависимости от фазы 11-летнего цикла существуют и для отдельных регионов.

Вывод: сейсмическая активность Земли зависит не только от внутриземных процессов, но также и от процессов, происходящих на Солнце и в межпланетной среде.

Характеристика землетрясений

Очагом поражения при землетрясении называется территория в пределах которой произошли массовые разрушения и повреждения зданий, сопровождающиеся поражениями и гибелью людей, животных и растений.

Землетрясения характеризуются тремя параметрами:

1. *Глубина очага (гипоцентра)*. По глубине гипоцентров (фокусов) землетрясения подразделяются на: мелкофокусные (0-60км.), среднефокусные (60-150км.) и глубокофокусные (150-700 км).

Опасными землетрясениями считаются с очагом глубиной от 5-300 км, наиболее опасные с глубиной 10-100 км.

2. *Магнитуда*.

Магнитуда землетрясения (от лат. *magnitudo* — величина), условная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний (сейсмических волн), вызванных землетрясениями или взрывами; пропорциональна логарифму энергии

землетрясений; позволяет сравнивать источники колебаний по их энергии (*Рихтера шкала*). Максимальное значение – около 9.

3. Важнейшей характеристикой является *сейсмическая энергия и интенсивность землетрясений*.

Сейсмическая энергия – это энергия, которая излучается из гипоцентра землетрясения в форме сейсмических волн. Она измеряется с помощью шкалы Рихтера, в которой за ед. измерения принимается *магнитуда*. Магнитуда соответствует десятичному логарифму максимальной амплитуды колебаний маятника специального прибора сейсмографа в 100 км от эпицентра землетрясений. Максимальная энергия землетрясений за все время наблюдений за ними составила 8.9 магнитуды; таким образом, данные измерения по шкале Рихтера могут находиться в пределах от 1 до 8.9 магнитуд. За максимальный уровень магнитуды принята энергия возможного сильнейшего землетрясения, приблизительно равная 10^{18} Дж и соответствующая энергии разрыва самых прочных пород землетрясений. Поскольку магнитуда характеризуется сейсмической энергии только в эпицентре землетрясений, для более объективной оценки силы колебаний земной поверхности в точках, которые удалены от эпицентра, введено понятие «интенсивность землетрясений». Она характеризует степень ущерба, нанесенного стихией в данном конкретном месте. Факторами, которые определяют интенсивность землетрясений, помимо собственной сейсмической энергии являются расстояние до эпицентра, свойства грунта, качество строительства и др.

Интенсивность землетрясений определяется с помощью 12 бальной шкалы Меркалли. В России и СНГ применяется ее модификация – шкала MSK -64 (авторы Медведев, Шпонхойер, Карник).

Шкала землетрясений была изобретена итальянским сейсмологом *Джузеппе Меркалли* (MSK – 64, 86), но эти

измерения относительны, баллы служат лишь для удобства определения силы землетрясений по внешним признакам на поверхности земли, и не является физической величиной.

В 1935г. американский сейсмолог *Чарльз Рихтер*, усовершенствовал шкалу Меркалли. Это было сделано для того, чтобы подсчитать энергию, выделившуюся в очаге землетрясения. Энергия землетрясения оценивается в относительных единицах (от 0,0 до 9,0) по шкале магнитуд. При увеличении магнитуды на 1, энергия увеличивается в 30 раз.

Таблица 4.1

Шкалы оценки землетрясений

Шкала Меркалли (баллы)	Шкала Рихтера (магнитуда)	Видимое действие
1	0-4.3	Вибрацию регистрируют только приборы
2		Колебания ощущаются при стоянии на лестнице
3		Толчки ощущаются в закрытых помещениях, легкие колебания предметов
4	4.3-4.8	Звон посуды, качание деревьев, толчки ощущаются в стоящих автомобилях
5		Скрип дверей, пробуждение спящих, переливание жидкости из сосудов
6	4.8-6.2	Неустойчивая ходьба людей, повреждения окон, падение картин со стен
7		Трудно стоять, осыпается плитка на домах, большие колокола звенят
8	6.2-7.3	Повреждение дымоходов, повреждение канализационных сетей
9	7.3-8.9	Всеобщая паника, повреждения фундаментов
10		Большинство строений повреждены*, крупные оползни, реки выходят из берегов
11		Изгиб ж/д путей, повреждения дорог, большие трещины в земле, падение камней
12		Полные разрушения, волны на поверхности земли, изменения в течении рек, плохая видимость

* Специально сконструированные здания с защитой от землетрясений способны выдержать толчки до 8.5 баллов по шкале Рихтера.

В зависимости от интенсивности колебания грунта на поверхности землетрясения подразделяются: слабые (I - III балла), умеренные (IV балла), сильные (V - VI баллов), очень сильные (VII баллов), разрушительные (VIII - X баллов), катастрофические (XI баллов), сильно катастрофические (XII баллов). Сейсмическая энергия определяется по шкале Рихтера. К большим разрушениям и жертвам приводят землетрясения в VI баллов и выше.

Землетрясения подразделяются на тектонические, вулканические, обвальные; они могут быть вызваны и падением метеоритов. Ежегодно происходят сотни тыс. землетрясений (Япония - 7500), из них одно катастрофическое и десять сильно разрушительных землетрясений. Подсчитано, что энергия землетрясений в высокогорной части Тибета 15.8.1950 г. была эквивалентна энергии взрыва 100 тыс. атомных бомб. Естественно, что землетрясениям принадлежат первые места по причиненному экономическому ущербу и числу жертв.

Наиболее крупным по числу жертв землетрясения в СССР: 1948 г. *Ашхабад*, погибло 27 000, ранено – 55.457, больных – 7 000 чел.; 1966 г. *Ташкент* (погибло более 100 000 чел.); 1988 г. *Спитак* (погибло – 25 000 чел., полное разрушение). Общее число жертв от землетрясений с 1900–1989 г. составляет $\approx 1,2$ млн. чел. Наибольшее число пострадавших (82 % всех жертв) приходится на 6 стран мира: Китай 650 тыс. чел.; СССР – 135 тыс. чел.; Япония – 111 тыс. чел.; Италия – 97 тыс. чел.; Перу – 69 тыс. чел.; Иран – 67 тыс. чел. В среднем ежегодно на Земле от землетрясений гибнет ≈ 14 тыс. чел.

Землетрясениям силой более 8 баллов подвержено более 20 % территорий стран СНГ. Это горные районы Юга и Д. Востока: Тянь-Шань, Памир, Южная Сибирь, Камчатка и

Курильские острова. Для горных районов Южной Сибири характерны землетрясения силой VI – IX баллов, причем большинство их приурочено к бассейну оз. Байкал и окружающей его рифтовой зоне. Разрушительные землетрясения наблюдались здесь в 1814, 1902, 1908, 1931, 1946 и 1959 гг. Одним из сильнейших землетрясений в истории современной России стало Сахалинское (27.05.1995 г.). Общая площадь, подвергавшаяся катастрофическим сейсмическим толчкам, составила 215 тыс. км², был полностью разрушен г. Нефтегорск (погибло около 2 тыс. чел.). При рассмотрении поражающих факторов землетрясений следует особо отметить, что основной ущерб населенному пункту наносится вовсе не в результате воздействия первичных факторов, порожденных стихией, а вследствие вторичных, обусловленных действием первичных (это разрушения, пожары, наводнения и т.д.).

Количество санитарных и безвозвратных потерь при землетрясениях зависит:

- от сейсмической и геологической активности региона;
- конструктивных особенностей застройки;
- плотности населения и его полового и возрастного состава;
- особенностей расселения жителей населенного пункта;
- времени суток при возникновении землетрясения;
- местонахождения граждан в момент толчков.

Соотношение погибших и раненых при землетрясении в среднем составляет 1:3, причем до 70 % раненых получают травмы мягких тканей; до 21 % переломы, до 37 % - черепно-мозговые травмы, а также травмы позвоночника (до 12 %) , таза до (8 %), грудной клетки (до 12 %). У многих пострадавших наблюдаются множественные травмы, синдром длительного сдавливания, ожоги, реактивные психозы и психоневрозы. Чаще жертвами землетрясений становятся дети и женщины: - Ашхабад (1948 г.) среди погибших – 47 % женщины, 35 % дети; - Ташкент (1966 г.) среди санитарных потерь – женщин на 25 % больше, чем мужчин, а среди

безвозвратных потерь преобладали дети в возрасте от года до 10 лет; - Токио (1923 г.) до 65 % погибших женщин и детей имели ожоги.

Существует тесная взаимная связь между стихийными бедствиями и техногенными катастрофами. В связи с увеличением концентрации промышленных предприятий и ростом численности городского населения такие стихийные бедствия как землетрясения, все чаще сопровождается массовыми пожарами, взрывами, выбросами вредных газов и др. техногенными авариями.

Взаимосвязь существует и между самими стихийными бедствиями. В последние годы увеличилось число так называемых синергетических, или многоступенчатых катастроф, когда одно стихийное бедствие порождает другое, что еще более ухудшает состояние окружающей природной среды.

Только на основе научного прогноза и своевременного предупреждения возможно снизить экологический экономический ущерб от стихийного бедствия.

Извержение вулканов

Вулкан (*по имени древнеримского бога огня и кузнечного дела Вулкана*)- геологическое образование, возникающее над каналами и трещинами в земной коре, по которым на земную поверхность извергаются лава, пепел, горячие газы, пары воды и обломки горных пород.

Вулканическое извержение – период активной деятельности вулкана, когда он выбрасывает на земную поверхность раскалённые или горячие твёрдые, жидкие и газообразные вулканические продукты и изливает лаву. (*ГОСТ Р 22.0.03-95*).

Причины вулканической деятельности. Места расположения вулканов тесно связаны с движением

литосферных плит, при этом различают три типа вулканических зон.

Вулканы субдукционных зон (при встречном движении литосферных плит одна погружается под другую) образуют тихоокеанское «огненное кольцо», Индонезийскую дугу и Антильскую дугу в Западной Индии. Известно, что океанские плиты, образующие дно Тихого океана, погружаются под материки и островные дуги. Области субдукции отмечены в рельефе дна океанов глубоководными желобами, параллельными берегу. Полагают, что в зонах погружения плит на глубинах 100-150 км формируется магма, при поднятии которой к поверхности происходит извержение вулканов.

Известны такие вулканы субдукционных зон, как Фудзияма в Японии, Сент-Хеленс и другие в Каскадных горах США, Мон-Пеле в Вест-Индии.

Внутриматериковые вулканы (если плиты раздвигаются, между ними образуется рифтовая зона) часто приурочены к зонам разломов или рифтов. Они обнаружены в Скалистых горах от Йеллоустонского национального парка и р. Снейк до р. Рио-Гранде, а также в Восточной Африке (например, гора Кения и вулкан Килиманджаро).

Вулканы срединноокеанических разломных зон встречаются на океанических островах Гавайи, Таити, Исландия и др. Как внутриматериковые, так и срединноокеанические вулканы (по крайней мере, крупнейшие из них) связаны с глубоко залегающими «горячими точками» (восходящими конвективными струями) в мантии. По мере смещения перекрывающей плиты возникает цепочка вулканических центров, расположенных в хронологическом порядке.

Движение магмы по трещинам и трубообразным каналам к земной поверхности, по-видимому, происходит под влиянием тектонических процессов. На глубине, когда давление растворённых в магме газов становится больше давления вышележащих толщ, газы начинают стремительно

продвигаться и увлекать магму к земной поверхности. Возможно, что газовое давление создаётся во время процесса кристаллизации магмы, когда жидкая часть её обогащается остаточными газами и паром. Магма как бы вскипает и вследствие интенсивного выделения газообразных веществ в очаге создаётся высокое давление, которое также может явиться одной из причин извержения.

Магма (от греч. *Магма* – тесто, паста) – это расплавленное вещество, которое образуется при определённых значениях давления и температуры в земной коре (астеносферный слой) и представляет собой флюидно - силикатный расплав, т.е. содержит в своём составе соединения с кремнезёмом (SiO_2) и летучие вещества, присутствующие в виде газа, либо растворённые в расплаве.

Если жидкий магматический расплав достигает земной поверхности, происходит его извержение, характер которого определяется составом расплава, его температурой, давлением, концентрацией летучих компонентов и др. параметрами. Одной из самых важных причин извержения магмы является её дегазация. Именно газы, заключённые в расплаве, служат тем «движителем» который вызывает извержение.

Характеристика вулканической деятельности.

В зависимости от количества газов, их состава и температуры, они могут:

- выделяться из магмы относительно спокойно (происходит *эффузия от лат. «эффузио» - излияние*).
- выделяться из магмы быстро (происходит мгновенное вскипание расплава и магма разрывается расширяющимися газами, вызывающими *эксплозию - лат. «эксплозио» - взрыв*).
- выжимать, выдавливать расплав, если магма достаточно вязкая и температура её не высока, происходит *экструзия (от лат. «выдавливание»*).

Таким образом, определяя одну из трёх форм извержения (эффузивное, взрывное и экструзивное), можно сказать,

что способ и скорость отделения газообразных веществ будут определяющими.

Типы вулканических извержений. Тип извержения зависит от состава и насыщенности газами магмы. Чем больше содержания в ней кремнезёма, тем магма более вязкая, густая и содержит большое количество газов и как следствие сильные взрывы. В зависимости от характера извержения выделяют различные их типы чаще по названиям вулканов.

Гавайский тип извержения это относительно слабые выбросы очень жидкой базальтовой лавы, образующей невысокие фонтаны и огненно-жидкие озёра в кратерах, а так же большие пузыри и тонкие, обширные покровы лавовых потоков, наслаивающихся один на другой, образуя щитовые вулканы (вулканы Гавайских островов – КИЛАУЭА, МАУНА-ЛОА).

Стромболианский тип извержения. Расплав этого вулкана обладает некоторой вязкостью, поэтому излияние лавы чередуется с взрывами, при которых выбрасываются вулканические бомбы и базальтовый шлак (вулкан Стромболи в Средиземного моря).

Вулканский тип извержения характерен для вязкой магмы, насыщенной газами, что приводит к взрывам и выбросам огромных «чёрных туч», переполненных большим количеством обломков лавы. Лавовые потоки отсутствуют или незначительны (вулкан, остров Вулькано вблизи ю-з Италии; вулкан Авачинская Сопка и Крымская Сопка Камчатка).

Пелейский тип извержения. Магма вязкая, закупоривающая жерло вулкана. Как следствие происходит взрыв (вулканский тип извержения) и образование раскалённых газово-пепловых лавин (Пирокластический поток), спускающихся с огромной скоростью по склону вулкана. (Вулкан Мон-Пеле на о. Мартиника в Карибском море).

Плинианский тип извержения (в честь Плиния старшего др. Рим). Плинианские извержения представляют собой очень мощный вулканический тип. Внезапные взрывы и следующий за ними длительный пепло – или пемзопад связан с тем, что к кратеру вулкана поднимается вязкая, насыщенная газами магма. Газовые пузырьки расширяясь, разрывают магму, вспенивая ее, образуя кусочки пемзы и стекловатый пепел, разносящийся ветром на большие расстояния. Выброшенные вверх газово-пепловые облака «растекаются» на высоте нескольких км в разные стороны. Этот тип извержения представляет большую опасность для населения (извержения вулкана Везувий в 79г. При извержении Кракатау (Индонезия) в 1883 объем тефры составил 18 км^3 , а пепловое облако поднялось на высоту 80 км. Основная фаза этого извержения продолжалась примерно 18 часов.).

В описании типов извержения вулканов такие слова как конус вулкана, жерло, кратер и т.д., составляет *вулканический аппарат*, т.е. то из чего состоит вулкан.

Строение вулкана. Расплавленного сплошного слоя в земной коре или верхней мантии не существует. Для начала плавления твердой горной породы в глубинах Земли необходимо повышение температуры, понижение всестороннего давления и влияние флюидов. Эти факторы могут действовать, как все вместе, так и по отдельности. Плавление начинается обычно в местах сочленения минеральных зерен в узлах концентрации напряжений. Это место называется *Первичный магматический очаг*, находится в астеносферном слое (*Астеносфера* (от греч. *Asthene* - слабый + *Sphaira* – шар) слой пониженной твердости, прочности и вязкости в мантии Земли. Находится в верхней части мантии, но ее верхняя граница всюду глубже нижней границы земной коры: под океанами на глубине около 50 км, под материками - около 100 км. Нижняя граница астеносферы находится на

глубине 250-300 км. Астеносфера - основной источник магмы.).

Образовавшиеся капли расплава стремятся двигаться в сторону уменьшения градиента давления и перемещаясь вверх сливаются между собой, формируя уже вторичные или промежуточные очаги, находятся в земной коре на различных глубинах.

Жерло вулкана выводной канал, через который магма поднимается к поверхности.

Конус вулкана сложен продуктами извержения, может иметь форму правильного усечённого конуса с пологими склонами, как например вулкан Фудзияма и Кроноцкий.

Кратер вулкана (от греч. - чаша). Чашеобразное углубление на вершине конуса вулкана. На дне кратера часто есть мелкие конусообразные ямы - выходы канала кратера, так называемые "бокки", заполненные лавой; а если внутри кратера или на склоне вулкана образуется новый кратер, то он получает название *вторичного (или побочного) кратера*. У погасших вулканов кратеры и кальдеры часто заполнены водой, превращены в озера.

Образуется в результате мощных эксплозий, вершинная часть стратовулкана может быть уничтожена и тогда образуется обширная и глубокая округлая котловина — *кальдера (от исп. - кальдера — котел.)*, диаметром от нескольких сотен метров до нескольких км. Это т.н. *кальдеры взрыва*. Но существуют и *кальдеры провала*, которые образуются в результате оседания вершинной части вулкана по кольцевым разломам, т.к. в магматическом очаге под вулканом ощущается недостаток расплава. Известны очень большие кальдеры, например, Тимбер - Маунтин в Неваде (США) с диаметром до 32 км; Асо (Япония) — 20 км; Санторин (в Эгейском море) — 14 км.

По форме вулканы могут быть не только в виде *конусов*, которые сложены продуктами извержений:

Экструзивный (лавовый) купол имеет округлую в плане форму и крутые склоны, прорезанные глубокими бороздами. В жерле вулкана может образоваться пробка застывшей лавы, которая препятствует выделению газов, что впоследствии приводит к взрыву и разрушению купола.

Конус стратовулкана состоит из чередующихся слоев лавы, пепла, шлаков и более крупных обломков. На склоне вулкана показан шлаковый конус.

Могут быть щитовыми с большим кратером (кальдерой) и тонким покровом застывшей лавы на поверхности. Излияния лавы могут происходить из кратера на вершине или через трещины на склонах. Внутри кальдеры на склонах щитового вулкана встречаются воронки обрушения.

По степени активности вулканы различают:

Действующие - относятся вулканы, извергавшиеся в историческое время или проявлявшие другие признаки активности (выброс газов и пара и проч.). Некоторые ученые считают действующими те вулканы, о которых достоверно известно, что они извергались в течение последних 10 тыс. лет.

В настоящее время известно порядка 1000 активных вулканов, размещенных на поверхности Земли в обособленных поясах и реже, располагающихся в виде отдельных групп. Следует оговориться, что иногда трудно установить, является ли вулкан действующим или окончательно потухшим, т.к. в ряде случаев вулканы не проявляют себя в течение тысяч лет, а потом вдруг становятся активными.

Потухшие - вулканы на продолжительное время или совсем, прекратившие свою деятельность.

Уснувшие характеризуются периодическими вулканическими проявлениями (например выделение газов).

Продукты извержения вулканов бывают жидкими, газообразными и твёрдыми.

Газообразные продукты, играют решающую роль при вулканических извержениях и состав их весьма сложен и

изучен далеко не полностью из-за трудностей с определением состава газовой фазы в магме, находящейся глубоко под поверхностью Земли. По данным прямых измерений, в различных действующих вулканах среди летучих содержится водяной пар (70% - 85%, часть этой воды является *ювенильной*, другая часть водяного пара является *вадозной*), диоксид углерода (CO_2), оксид углерода (CO), азот (N_2), диоксид серы (SO_2), триоксид серы (SO_3), газообразная сера (S), водород (H_2), аммиак (NH_3), хлористый водород (HCl), фтористый водород (HF), сероводород (H_2S) и другие, но преобладают H_2O и CO_2 . Состав газов и их концентрация очень сильно меняются в пределах одного вулкана от места к месту и во времени.

Слабое выделение газов в вулканических районах может продолжаться годами. Такие места выходов горячих газов и паров через отверстия на дне кратера или склонах вулкана, а также на поверхности лавовых или пепловых потоков называют *фумаролами* (от лат. *Fumus* - дым). К особым типам фумарол относят *сульфатары* (вулкан *Сульфатара* недалеко от *Везувия*), велико содержание соединения серы, и *мофетты* (от лат. *Mofeta* - испарение), в которых преобладает углекислый газ. Температура фумарольных газов близка к температуре магмы и может достигать 800° , но может и снижаться до температуры кипения воды ($\sim 100^\circ \text{C}$), пары которой служат основной составляющей фумарол. Фумарольные газы зарождаются как в неглубоких приповерхностных горизонтах, так и на больших глубинах в раскаленных породах.

Таким образом, вулканические газы — это главный движитель извержений. Характер выделения газов зависит от состава и вязкости магмы, а скорость отделения газов от расплава определяет тип извержений.

Жидкие вулканические продукты - это магма, поднимаясь вверх по каналу и, достигнув поверхности Земли, изливается в виде лавы (от лат. *лаваре* - мыть, стирать), отличающейся от

магмы тем, что она уже потеряла значительное количество газов.

Главные свойства лавы - химический состав, температура, содержание летучих веществ, вязкость - определяют характер эффузивных извержений, форму, структуру поверхности и протяженность лавовых потоков. Если вязкость у лав низкая, то они могут растекаться, покрывая большие пространства. Высокая вязкость, наоборот, вынуждает лавы нагромождаться недалеко от места извержения, а кроме того, они текут гораздо медленнее, чем маловязкие лавы.

Существует множество типов вулканических пород, различающихся по химическому составу. Чаще всего встречаются четыре типа, принадлежность к которым устанавливается по содержанию в породе диоксида кремния (SiO_2):

Кислые лавы ($\text{SiO}_2 > 65\%$) представлены *риолитом*, состоящим из кварца, кислых плагиоклазов, биотита, амфибола и ромбического пироксена. Основная масса представлена вулканическим стеклом. Характерна флюидальная текстура. К кислым лавам относятся и *дациты* ($\text{SiO}_2 < 65\%$).

К *средним лавам* ($\text{SiO}_2 - 65-53\%$) относятся широко распространенные *андезиты* (*от гор в Южной Америке - Анд*), содержащие кварц, плагиоклазы, биотит, реже роговую обманку.

Наибольшим распространением пользуются *основные лавы - базальты* ($\text{SiO}_2 - 53-45\%$), породы темного цвета, часто черные, с вкрапленниками основного плагиоклаза, оливина и пироксена (ромбического и моноклинного). Быстрое остывание лавы приводит к появлению зональных минералов вкрапленников.

Температура извергающихся лав, в целом, более высокая у базальтов постепенно снижается к риолитам: базальты **1000°-1200°**; андезиты **950°-1200°**; дациты **800°-1100°**; Риолиты **700°-900°**. Эти значения могут изменяться в некоторых пределах.

Базальтовые лавы, остывая, сохраняют способность к течению при температурах 700° и даже 600°С, т.к. их вязкость снижается постепенно. В тоже время кислые лавы, температура которых при появлении из подводящего канала около 700°-900°С, с уменьшением температуры во много раз увеличивают вязкость и теряют способность к движению.

Вязкость лав - важная характеристика, определяющая подвижность лавовых потоков, их мощность и морфологию. Вязкость лав контролируется давлением, температурой, химическим составом, содержанием летучих веществ (растворенной воды, количеством газовых пузырьков и содержанием кристаллов – вкрапленников). Все эти факторы действуют одновременно и поэтому вклад каждого из них оценивается с трудом. Чем ниже температура, тем выше вязкость. Увеличение содержания летучих приводит к ощутимому снижению вязкости лав. Чем более кислая лавы, тем ее вязкость выше.

Твердые вулканические продукты. Помимо жидких продуктов - лав, при извержении вулканов, особенно эксплозивных, выбрасывается огромное количество твердого обломочного материала – *тефры* (как назвал его когда-то Аристотель). Сюда же включаются выбросы жидкой лавы, в процессе полета быстро остывающей и падающей на склоны вулкана уже твердой.

Классификация тефры может основываться на различных признаках, в частности на размерах обломков.

Наиболее крупными из них являются *вулканические бомбы* (размер более 7 см в диаметре). Выбрасываясь из жерла вулкана фрагменты разорванной газами магмы, обладая пластичностью и в полёте изменяют свою форму. При взрывах выбрасываются не только фрагменты и хлопья лавы, но и куски и глыбы ранее затвердевших пород, захватываемых со стенок жерла. Тогда образуются бомбы типа *глыб*, с неправильными гранями.

Более мелкие обломки (размер менее 7см.) называются *лапилли* (от лат. *lapillus* - маленький камень).

Если лава фонтанирует, особенно во время извержения жидких базальтов, то образуются быстро застывающие капли, называемые *слезы Пеле* (богиня Гавайских вулканов), а если лава разбивается на тонкие стекловатые нити - они получают название *волос Пеле*.

Затвердевшие отложения, состоящие из лапиллей, называются лапиллиевым туфом. Выделяются несколько видов тефры, различающихся по цвету и пористости. Светлоокрашенная, пористая, не тонущая в воде тефра называется *пемзой*. Темная пузырчатая тефра, состоящая из отдельностей лапиллиевой размерности, называется *вулканическим шлаком*.

Самые мелкие обломки тефры, размером менее 1-2 мм – называются *вулканическим пеплом*. Пепел состоит из мельчайших частиц вулканического стекла. Все они представляют собой остатки перегородок между пузырьками газа, выделившихся со взрывом из магмы при извержении. Частицы могут представлять собой обломки кристаллов и ранее сформировавшихся пород. Основные порции пепла выпадают вблизи вулканов, но иногда, будучи поднятыми высоко в стратосферу, ветром переносятся на огромные расстояния. Например, в 1912 г. при взрывах вулкана Катмай (на Аляске) пепел выпадал в Калифорнии, на расстоянии почти в 4000 км. Извержение вулкана Гекла в 1997г. в Исландии дало пепел, выпавший в Шотландии и Финляндии.

В настоящее время известно около 1000 активных вулканов, размещённых на поверхности Земли в обособленных поясах. Самое большое количество действующих вулканов (примерно 75%) расположено по периферии Тихого океана («Тихоокеанское огненное кольцо»). Эти вулканы расположены на Курильской, Алеутской, Филиппинской островных дугах, а так же в Северной и Центральной Америке и т.д. (см. рис №1)

Второй тип области где располагаются действующие вулканы – это океанические бассейны (срединно-океанические хребты). Сюда можно отнести вулканы Исландии, вулканический остров Реюньон в Индийском океане и т.д.

Остальные вулканы расположены на континентах (Альпийско-Средиземноморский складчатый пояс). Здесь расположены такие вулканы как Этна, Везувий, Стромболи и т.д.

В пределах России находится 51 действующий вулкан и все они расположены на активной континентальной окраине в пределах Камчатки и Курильской островной дуги (*вулканы Ключевской, Безымянный, Толбачик, Шивелуч и т.д.*).

Рисунок №1

Вулканическая активность. Извержения вулканов угрожают жизни людей и наносят материальный ущерб. Вследствие извержения вулкана Монтань-Пеле в 1902 погибло 30 тыс. человек. В результате схода селей с вулкана Руис в Колумбии в 1985 погибли 20 тыс. человек. Извержение вулкана Кракатау в 1883 привело к образованию цунами, унесшего жизни 36 тыс. человек. Характер опасности зависит от действия разных факторов.

Лавовые потоки разрушают здания, перекрывают дороги и сельскохозяйственные земли, которые на много столетий исключаются из хозяйственного использования, пока в результате процессов выветривания не сформируется новая почва. Так, например, на более увлажненных склонах вулкана Этна в Италии земледелие на лавовых потоках возобновилось только через 300 лет после извержения.

Вследствие вулканических извержений на крышах зданий накапливаются мощные слои *пепла*, что грозит их обрушением. Попадание в легкие мельчайших частиц пепла приводит к падежу скота. Взвесь пепла в воздухе представляет опасность для автомобильного и воздушного транспорта. Часто на время пеплопадов закрывают аэропорты.

Пепловые потоки (пирокластические потоки), представляющие собой раскаленную смесь взвешенного дисперсного материала и вулканических газов, перемещаются с большой скоростью. В результате от ожогов и удушья погибают люди, животные, растения и разрушаются дома. Древнеримские города Помпеи и Геркуланум попали в зону действия таких потоков и были засыпаны пеплом во время извержения вулкана Везувий.

Вулканические газы, выделяемые вулканами любого типа, поднимаются в атмосферу и обычно не причиняют вреда, однако частично они могут возвращаться на поверхность земли в виде кислотных дождей. Иногда рельеф местности способствует тому, что вулканические газы (*сернистый газ, хлористый водород или углекислый газ*) распространяются близ поверхности земли, уничтожая растительность или загрязняя воздух в концентрациях, превышающих предельные допустимые нормы. Вулканические газы могут наносить и косвенный вред. Так, содержащиеся в них соединения фтора захватываются пепловыми частицами, а при выпадении последних на земную поверхность заражают пастбища и водоемы, вызывая тяжелые заболевания скота. Таким же образом могут быть загрязнены открытые источники водоснабжения населения.

Огромные разрушения вызывают также грязекаменные потоки (*лахары*) и цунами возникающие вследствие взрывных извержений.

4.4. Геологические опасные природные явления

Оползни

До сих пор многие процессы, происходящие в глубине Земли, где землетрясения зарождаются, пока еще недостаточно изучены. Зато теперь хорошо известно, что случается при сейсмических толчках на поверхности. При сильных землетрясениях, особенно в горах, подземная стихия приходит

в такое волнение, что приводит к молниеносным перемещениям крупных каменных масс со склонов гор в долины. Это обвалы, оползни, селевые потоки, снежно-каменные лавины, спусковым механизмом для которых нередко оказываются землетрясения. Сильные землетрясения в 9 баллов и более неизбежно сопровождаются выходом каменных глыб наружу. Каменные или даже фунтовые массы, начиная движение внезапно и перемещаясь с огромной скоростью (до сотен километров в час), создают перед собой ударную воздушную волну и уничтожают все на своем пути. Они засыпают земельные угодья, перегораживают реки, погребая целые деревни вместе с жителями и скотом. «Тело» таких масс может достигать сотен миллионов кубометров в объеме. Это огромные горы камня, щебня, глыб и фунта. Они, разбуженные от спячки сильнейшими землетрясениями, в густонаселенных местностях могут принести значительный ущерб и поглотить больше людей, чем само землетрясение.

Оползни и овражная эрозия в городах России известны давно, но в последние десятилетия их опасность резко увеличивается вследствие роста градостроительства, усиления процессов подтопления, создания водохранилищ. Существенный ущерб оползни наносят Нижнему Новгороду, Чебоксарам, Казани, Ульяновску, Вольску, Саратову, Волгограду, Москве, Калуге, Рязани, Кашире, Полтаве и другим городам.

Оползень – смещение масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и иных процессов (*ГОСТ Р 22.0.03-95*). Движение оползня начинается вследствие нарушения равновесия склона и продолжается до достижения нового состояния равновесия.

Перемещения значительной массы породы, вызванные оползнями, могут приводить к катастрофическим последствиям и приобретать характер чрезвычайной ситуации. Оползни

могут разрушать отдельные объекты и подвергать опасности целые населенные пункты, губить сельскохозяйственные угодья, создавать опасность при эксплуатации карьеров, повреждать коммуникации, туннели, трубопроводы, телефонные и электрические сети, угрожать плотинам и т.д. Скорости движения оползней различны. Если они невелики (т.е. оползень движется от вершины до основания склона десятки лет) то растущие на нем деревья постепенно приспособляются к нарастающему перекосу поверхности и искривляются. При быстром смещении рост деревьев продолжается в наклонном положении, за что они и получили название «пьяный лес».

На месте обрыва оползня остается *оползневой цирк* - чашеобразное углубление с уступом в верхней части - *стенкой срыва*. При движении оползень может толкать перед собой рыхлые породы, из которых у подножья склона образуется оползневый вал. Нижние части склона покрываются или буграми, или ступенями.

На образование оползней влияет множество факторов: климатический, гидрогеологический, сейсмотектонический, антропогенный, а также такие, как абсолютная высота, экспозиция склона, удаленность от зон региональных тектонических разрушений. С абсолютной высотой в горах связано количество выпадающих осадков, которое увеличивается с увеличением абсолютной высоты, в то время как температура воздуха снижается. Соответственно с возрастанием высоты увеличивается вероятность образования оползней. На абсолютные высоты от 800 до 1000 м приходится в горах 9,2% всех оползней, от 1000 до 1700 м - 90,9% оползней.

Оползни возникают на каком-либо участке склона или откоса из-за нарушения равновесия пород, вызванного следующими причинами:

- увеличение крутизны склона в результате подмыва водой;

- ослабление прочности пород при выветривании или переувлажнения осадками и подземными водами;
- воздействие сейсмических толчков, т.е. вследствие землетрясений;
- строительство и хозяйственная деятельность, проводимые без учета геологических условий местности; при разрушении склонов дорожными выемками, чрезмерном поливе садов и огородов, расположенных на склонах и т.д.

Оползнеопасными территориями считаются склоны и примыкающие к ним участки плато и террас, где оползни развиваются или могут возникнуть из-за увеличения интенсивности воздействия антропогенных или естественных факторов.

Оползни могут быть на всех склонах начиная с крутизны 19° . Однако на трещиноватых глинистых грунтах, оползни могут возникать и при крутизне склона $5-7^\circ$. Для этого достаточно лишь избыточное увлажнение горных пород. Оползни могут сходить в любое время года. Однако оползневые смещения приурочены, в основном, к определенным сезонам. Например, анализ оползней в Молдавии за 10 лет показал, что 85% их смещений приходится на февраль-май, 4% - на летний период, 9% - на осень. Большинство оползней в Азербайджане возникает в весенне-летний период (май-июнь), который характеризуется увлажнением склонов гор, а также с сентября по май из-за обильного выпадения осадков и незначительного их испарения.

Оползни возникают, когда потеряна устойчивость грунтов или горных пород на склонах; когда на склоне залегают глинистые породы, служащие своеобразной смазкой, особенно если они сильно увлажнены. В этом случае уменьшаются силы сцепления между мельчайшими частицами глины, и массивы глинистых пород теряют прочность. Поэтому так же, как и обвалы, оползни особенно энергично развиваются весной или

во время летних дождей, а на берегах морей - после сильных штормов, когда волны подрезают берег.

Иногда оползни происходят внезапно. Вдруг часть склона с изумрудной весенней травой покрывается серповидными трещинами, и огромная масса, отделившись от склона, начинает двигаться вниз. Нередко скорость движения велика - 10 м/с и более. И на месте такого яркого травяного ковра образуется бурая рваная "рана" - глубокая впадина с отвесными стенками, а внизу, у подножья склона, - сползшая из нее хаотическая масса грунта. В нижней части склона оползень сдавливает грунт и образует своеобразные напорные валы.

Характеристика оползней, оползни определяются типом пород; влажностью пород; скоростью движения по склону; объемом пород; смещением; максимальной длиной по склону - деформацией земной массы.

Породы, составляющие основу оползня, могут быть разными - от глинистых масс до скальных. В наибольшей степени способствуют образованию оползней лессовые породы.

По влажности оползни бывают сухие, не содержащие влаги; слабовлажные, содержащие немного несвободной воды, обуславливающей пластичность и текучесть грунта; влажные, содержащие достаточно воды, чтобы частично обладать текучестью; очень влажные, содержащие достаточно воды для жидкого течения на голых склонах, это **оплывины**.

По скорости движения оползни бывают: 3 м/с - исключительно быстрые; 0,3 м/мин - очень быстрые; 1,5 м/сутки - быстрые; 1,5 м/месяц - умеренные; 1,5 м/год - очень медленные; 0,06 м/год - исключительно медленные.

Объем пород, смещаемых при оползнях, колеблется в очень больших пределах - от нескольких сот до многих миллионов кубических метров. Деформация земной массы при оползнях достигает 100- 1200 м вдоль склона, 80-180 м - в глубь массива.

Оползни, вызванные изменением природных условий, как правило, не начинаются внезапно. *Первоначальным признаком оползневых подвижек служит появление трещин на поверхности земли, разрывов дорог и береговых укреплений, смещений деревьев и т. п. С максимальной скоростью (десятки км/час) оползни движутся в начальный период, с течением времени их скорость постепенно замедляется.*

Оползни наблюдаются по берегам крупных рек европейской части РФ, в Карпатах, Молдавии, Крыму, на Северном Кавказе, в Закавказье, Средней Азии, Восточной Сибири. Наиболее крупные оползневые процессы в Киргизии и в Таджикистане отмечаются в Центральном, Южном Тянь-Шане. Площадь их проявления составляет 32 тыс. км², объем - от сотен до миллионов кубометров.

Оползни наносят существенный ущерб народному хозяйству страны. Они угрожают движению поездов, автомобильному транспорту на дорогах, населенным пунктам. Пахотные земли, расположенные ниже оползневых, нередко заболачиваются. При оползнях интенсивно идет процесс выбывания земель из сельскохозяйственного оборота. Нередко оползни приводят к значительным человеческим жертвам.

Классификация оползней. По *мощности* оползневого процесса (по массе горных пород, вовлекаемой в процесс) оползни бывают малые (до 10 тыс. м³); средние (от 11 до 100 тыс. м³); крупные (от 101 до 1000 тыс. м³) и очень крупные (свыше 1000 тыс. м³).

Оползни, образующиеся на естественных склонах и в откосах выемок, подразделяют на группы:

Группа 1

Структурные оползни (структура - однородные связные глинистые породы: глины, суглинки, глинистые мергели).

Причины образования оползней: чрезмерная крутизна склона (откоса); перегрузка верхней части склона отвалами и инженерными сооружениями; нарушение целостности пород

склона траншеями, нагорными канавами или оврагами; подрезка склона у его подошвы; увлажнение подошвы склона.

Характерные места (условия) возникновения оползней: в искусственных земляных сооружениях с крутыми откосами; в выемках, образующихся в однородных глинистых фунтах на водораздельных участках возвышенности; в глубоких разрезах для открытой разработки месторождений полезных ископаемых; в насыпях, отсыпанных такими же породами при переувлажнении почвенно-растительного слоя и глинистых пород, залегающих у дневной поверхности.

Группа 2

2.1. Контактные оползни (соскальзывающие) – связные глинистые породы, залегающие в виде пластов с хорошо выраженными плоскостями напластования (глины, суглинки, мергели, неплотные известняки, некрепкие глинистые сланцы, лёсс, лёссовидные суглинки и др.).

Причины образования оползней: чрезмерно крутое падение слоев; перегрузка склона отвалами или различными земляными сооружениями; нарушение целостности пород на склоне траншеями или нагорными канавами; подрезка склона; смачивание плоскостей напластования (контактов) подземными водами.

Характерные места (условия) возникновения оползней: на естественных склонах возвышенностей и долин рек (на косогорах); в откосах выемок, состоящих из слоистых пород, у которых падение слоев направлено в сторону склона или к выемке.

В зависимости от высоты поверхности скольжения над подошвой склона (откоса, выемки) и его крутизны оползни могут переходить в обвалы с последующим их опрокидыванием у нижнего края поверхности скольжения.

2.2. Срезающие (скальвающие) оползни.

Причины образования оползней: те же, что и при контактных оползнях, но в условиях более глубоких нарушений горных пород тектоникой и трещинами.

Характерные места (условия) возникновения оползней: на склонах возвышенностей и долин рек, сложенных слоистыми породами, залегающими горизонтально или с уклоном в сторону, противоположную склону. При оползнях в движение одновременно приходят целые группы пластов.

2.3. Структурно-пластические (оползни выдавливания).

Причины образования оползней: неравномерная разгрузка горных пород, залегающих над пластическими глинами (на каналах, в выемках, в долинах рек, в берегах морей и озер); перегрузка склонов (откосов) отвалами и сооружениями; увлажнение грунтов в основании склонов (откосов).

Характерные места (условия) возникновения оползней: в основании плотных пород при залегании мягких пластичных глин; в верхней части склона на поверхности земли (оползневые террасы - уступы с глубокими трещинами); у подошвы склона (выдавленные породы взбугриваются в виде отдельных холмов или сплошного вала).

Группа 3

3.1 Суффозионно-структурные оползни - связные глинистые породы, залегающие в чередовании с пластами и линзами водоносного песка.

Причины образования оползней - вынос пылеватых и песчаных частиц породы подземными водами: при спадах приливов и отливов морей; при интенсивном оттаивании коры зимнего промерзания; при прорыве пород водоносного горизонта, сцементированных солями, выделяющимися из подземных вод у дневной поверхности склонов; при обводнении песчаных пород на склоне за счет атмосферных осадков и хозяйственных вод.

Характерное место (условия) возникновения оползней - на склонах возвышенностей или в откосах выемок, сложенных

плотными глинами или тяжелыми суглинками и моренными глинами, залегающими в чередовании с пластами и линзами водоносного песка.

Смещение земляных масс происходит по слою разжиженного песка без ярко выраженной поверхности скольжения в основании склона. Оторвавшиеся массы земли движутся скачками иногда с очень большой скоростью.

3.2 Суффозионно-пластические оползни.

Причины образования оползней те же, что и при образовании суффозионно-структурных оползней; интенсивное выветривание горных пород на склонах с образованием усадочных трещин на поверхности земли; увлажнение и разупрочнение горных пород при промерзании и оттаивании.

Места (условия) возникновения оползней: такие же, как и суффозионно-структурных; смещение земляных масс происходит, как правило, при слабо выраженной поверхности отрыва смещающейся массы от основного массива земли.

3.3. Суффозионно-просадочные оползни.

Причины образования оползней те же, что и при образовании просадочных оползней; вынос подземными водами пылеватых и песчаных частиц из основания (подошвы) лессовых пород.

Места (условия) возникновения оползней: те же, что и просадочных оползней.

Группа 4

Оползни в земляных плотинах и оползни железнодорожных насыпей. Оползни в земляных плотинах и автодорожных насыпях встречаются очень редко и принципиально ничем не отличаются от оползней железнодорожных насыпей. Наиболее часто такие оползни встречаются на Северном Кавказе. Железнодорожные насыпи представляют искусственные земляные сооружения.

Прочность и устойчивость их зависит от геологического строения и гидрогеологических условий основания; материала,

из которого они отсыпаются (состава и состояния грунтов); условий и способов отсыпки насыпи; очертания их поперечного профиля.

Оползень насыпи на устойчивом основании образуется, как правило, при чрезмерной крутизне склона, а также при отсутствии подготовки уступов на поверхности склона или основании насыпи и при обильном увлажнении поверхности основания протекающими водами (нет водоотводов).

Оползни насыпей на неустойчивом основании обычно образуются на болотах или на заболоченных поймах рек. Оползневые деформации таких насыпей обычно выражаются в отрыве одной части насыпи от другой, оседании ее по очень крутой поверхности скольжения и выдавливании из-под нее мягких илистых грунтов основания. Выдавленный при этом грунт обычно распределяется у подошвы оползневого откоса насыпи в виде бугра или продольного вала.

Оползни, вызванные хозяйственной деятельностью человека, в основном, связаны с перегрузкой оползневых склонов насыпями и различными инженерными сооружениями, утечкой воды из водопроводных коммуникаций, закрытием выходов подземных вод и др. Очень опасны для устойчивости берегов суточные колебания в нижних бьефах ГЭС и зимний расход воды из водохранилищ.

Селевые потоки (сели)

Сели (от арабского «сайль» - бурный поток) - стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек в результате интенсивных дождей или бурного таяния снега, а также прорыва завалов и морен [ГОСТ 19179-73].

Селевые потоки кратковременны и характерны для горных долин с наклоном русла 6-20°. Они длятся обычно десятки минут, реже 4-5 часов, иногда 8 и редко более 8 часов, могут

эродировать русло на глубину до десятков метров, проходить путь длиной в километры, реже - несколько десятков километров, образуют конусы шириной в десятки, длиной в сотни метров при толщине разовых отложений обычно до 5, редко до 10 м. Сели образуются во всех горных районах мира, кроме Антарктиды.

Селевыми потоками называют стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек. Они характеризуются резким подъемом уровня, волновым движением, кратковременностью действия (в среднем от одного до трех часов), значительным эрозионно-аккумулятивным разрушительным эффектом.

Селевой очаг – участок селевого русла или селевого бассейна, имеющий значительное количество рыхлообломочного материала или условий для его накопления, где при определённых условиях обводнения зарождаются сели.

Причины зарождения селей. Непосредственные (естественные) - ливневые дожди; интенсивное таяние снега и льда; прорыв водоемов; землетрясения, извержения вулканов.

В последние годы к естественным причинам формирования селей добавились причины антропогенные и техногенные.

Антропогенные - бессистемная вырубка лесов на горных склонах; деградация наземного и почвенного покрова; неправильная организация отвалов и т.д.

Техногенные причины:

- неправильно организуемые отвалы отработанной горной породы горнодобывающими предприятиями;
- массовые взрывы горных пород или прокладка железных и автомобильных дорог и других сооружений;
- отсутствие рекультивации земель при строительстве и взрывных работах в карьерах по добыче полезных ископаемых;

- переполнение искусственных водоемов и нерегулируемый выпуск воды из ирригационных каналов, проходящих по горным склонам;
- повышенная загазованность воздуха отходами промышленных предприятий, губительно действующая на почвенно-растительный покров.

Селевые потоки наносят большой ущерб народному хозяйству, природе, угрожают жизни людей, прежде всего жителей городов и населенных пунктов, находящихся на пути селя. Суммарный ущерб от прохождения селей исчисляется сотнями миллионов рублей ежегодно.

Несмотря на разнообразие причин, **механизмы зарождения селей** имеют много общего и могут быть сведены к трем главным типам:

1. При *эрозионном механизме зарождения* вначале идет насыщение водного потока обломочным материалом за счет смыва и размыва селевого бассейна и затем - формирование селевой волны в русле.
2. При *прорывном механизме зарождения* водяная волна за счет интенсивного размыва и вовлечения в движение обломочных масс сразу превращается в селевую волну, но с изменчивой насыщенностью.
3. При *обвально-оползневом механизме зарождения*, когда происходит смыв массива водонасыщенных горных пород (включая снег и лед) насыщенность потока и селевая волна формируются одновременно (насыщенность сразу практически максимальна).

Вид селевого потока определяется составом селеобразующих пород. Селевые потоки бывают водно-каменные, водно-песчаные и водно-пылеватые; грязевые, грязекаменные или каменно-грязевые; водно-снежно-каменные.

Водно-каменный сель - поток, в составе которого преобладает крупнообломочный материал с преимущественно

крупными камнями, валунами и со скальными обломками (объемный вес потока 1,1-1,5 т/м³). Формируется он в зоне плотных пород.

Водно-песчаный и водно-пылеватый сел - поток, в котором преобладает песчаный и пылеватый материал. Возникает он в зоне лёссовидных и песочных почв во время интенсивных ливней, смывающих огромное количество мелкозема.

Грязевой сел близок по своему виду к водно-пылеватому, формируется в районах распространения пород преимущественно глинистого состава и представляет собой смесь воды и мелкозема при небольшой концентрации камня (объемный вес потока 1,5-2,0 т/м³).

Грязекаменный сел характеризуется значительным содержанием в твердой фазе (галька, гравий, небольшие камни) глинистых и пылеватых частиц с явным их преобладанием над каменной составляющей потока (объемный вес 2,1-2,5 т/м³).

Каменно-грязевой сел содержит преимущественно крупнообломочный материал по сравнению с грязевой составляющей.

Водно-снежно-каменный сел - переходный материал между собственно селом, в котором транспортирующей средой является вода, и снежной лавиной.

Формирование селей обусловлено определенным сочетанием геологических, климатических и геоморфологических условий: наличием селеобразующих грунтов, источников интенсивного обводнения этих грунтов, а также геологических форм, способствующих образованию достаточно крутых склонов и русел.

Источниками *твердого* питания селей могут быть: ледниковые морены; русловые завалы и загромождения, образованные предыдущими селями; древесно-растительный материал.

Источниками *водного* питания селей являются: дожди и ливни; ледники и сезонный снежный покров (в период таяния); воды горных ледниковых озер.

Наиболее часто образуются сели *дождевого* питания (дождевые). Они характерны для среднегорных и низкогорных селевых бассейнов, не имеющих ледникового питания. Условием формирования таких селей является количество осадков, способных вызвать срыв продуктов разрушения горных пород и вовлечь их в движение.

Для высокогорных бассейнов с развитыми современными ледниками и ледниковыми отложениями (моренами) характерны гляциальные сели. Основным источником их твердого питания являются морены, которые вовлекаются в процесс селеобразования при интенсивном таянии ледников, а также при прорыве ледниковых или моренных озер. Формирование гляциальных селей существенно зависит от температуры окружающего воздуха.

Формирование селей происходит в селевых водосборах, наиболее распространенной формой которых в плане является грушевидная с водосборной воронкой и веером ложбинных и долинных русел, переходящих в основное русло. Селевой водосбор состоит из трех зон, в которых формируются и протекают селевые процессы:

- *зона селеобразования* (происходит питание водой и твердым материалом);
- *зона транзита* (движения селевого потока);
- *зона разгрузки* (массового отложения селевых выносов, происходит остановка).

Каждому горному району свойственна определенная статистика причин возникновения селей. Так, в целом для Кавказа причины возникновения селей распределяются следующим образом: дожди и ливни - 85%; таяние вечных снегов - 6%; сброс талых вод из моренных озер - 5%; прорывы завальных озер - 4%.

В Заилийском Алатау (южный Казахстан), наоборот, все наблюдавшиеся большие сели вызваны прорывом моренных и завальных озер.

В бассейнах и водосборах *ливневого и сезонно-снегового питания*, где имеется постоянный запас рыхлообломочного материала, сели повторяются довольно часто (от нескольких раз в году до одного раза в 2-4 года) и связаны, в основном, с периодами выпадения значительных осадков. Чем круче склоны бассейна, тем чаще в таких бассейнах образуются сели.

В бассейнах, где такого запаса нет и рыхлообломочный материал накапливается в межселевые периоды, повторяемость селей зависит от времени, необходимого для накопления материала. В сильно расчлененных водосборах с крутыми склонами и руслами сели образуются чаще, чем в водосборах с пологими склонами.

Повторяемость гляциальных селей зависит от сочетания интенсивности ледникового стока с состоянием увлажнения моренного материала. Во многих бассейнах гляциального питания прохождение селей отдельно друг от друга наблюдалось через промежутки 15-20 лет. Крупные катастрофические сели в каждом отдельном бассейне - явление редкое, и их повторяемость 1-3 случая за 100 лет.

Признаками гляциальной селеопасности являются: высокая температура воздуха в течение 3-5 суток в высокогорном районе; повышенный сток воды с ледника; высокий уровень воды в моренном озере и уменьшение (прекращение) стока воды (по сравнению с другими водостоками ледникового питания) в данном районе.

В целом 25% территории РФ находится в селеопасных зонах, которые отличаются разнообразием условий и форм проявления селевой активности. Все селеопасные горные районы разделяются на две зоны - теплую и холодную.

Теплую зону образуют умеренный и субтропический климатические пояса, в пределах которых селепроявления

развиты в форме водно-каменных и грязекаменных потоков. Теплая зона включает 8 регионов и 19 областей. Регионы теплой зоны: Крымско-Карпатский, Кавказский, Уральский, Копетдагский, Памиро-Тянь-Шанский, Южносибирский, Амуро-Сахалинский и Курило-Камчатский.

Холодная зона охватывает селеопасные районы Субарктики и Арктики. Здесь в условиях дефицита тепла и вечной мерзлоты преимущественно распространены водно-снежные селевые потоки. Холодная зона включает соответственно, 4 и 9. Регионы холодной зоны - Западный, Верхоянско-Черский, Колымско-Чукотский, Арктический.

Таблица 4.2

**Классификация селей
на основе первопричин возникновения**

Типы	Причины формирования	Области распространения и механизм зарождения
Дождевой	Ливни, затяжные дожди	Самый массовый на Земле тип селей, господствующий в горах экваториального, тропического и умеренного климатических поясов. Зарождение селей связано с размывом склонов и русел, а также с оползнями
Снеговой	Интенсивное снеготаяние в весенний период	Господствующий тип селей в горах Субарктики; твердая составляющая селевых потоков представлена снегом. Зарождение селей связано со срывом переувлажненных снежных масс и с прорывом снежных плотин
Ледниковый	Интенсивное таяние снега и льда	Формируются в зоне современного горного оледенения; наиболее мощные - сели альпийских высокогорий. Зарождение селей связано с прорывом скоплений талых ледниковых вод, а также с обрушением морен и льда

Вулканогенный	Взрывные извержения вулканов	Формируются в районах действующих вулканов; достигают самых крупных среди всех типов селей размеров по длине пути и объему выносов. Зарождение селей связано с трансформацией пирокластических потоков в селевые вследствие бурного снеготаяния, со спуском кратерных озер и др.
Сейсмогенный	Землетрясения высокой интенсивности	Формируются в районах высокой сейсмичности. Зарождение селей связано со срывом грунтовых масс со склонов в русла рек.
Лимногенный	Динамическое развитие естественных озёрных плотин	Формируются в районах альпийского высокогорья, для которых характерны плотинные озёра. Зарождение селей связано с разрушением плотин и размывом русла прорывной волной.
Антропогенный Прямое воздействия	Сооружение некачественных земляных плотин и т.д.	Зарождение селей связано с размывом и оползанием толщ техногенных пород, с разрушением плотин и размывом русел рек и др.
Антропогенный Косвенного воздействия	Значительное нарушение почвенно-растительного покрова потенциально селеопасных бассейнах	Зарождение селей связано с размывом склонов и русел рек.

Сели классифицируют и по объему перенесенной твердой массы (по мощности).

- мощные (сильной мощности) - с выносом к подножью гор более 100 тыс. м3 материалов; бывают один раз в 5-10 лет;

- средней мощности - с выносом от 10 до 100 тыс. м³ материалов; бывают один раз в 2-3 года;
- слабой мощности (маломощные) - с выносом менее 100 тыс. м³ материалов; бывают ежегодно, иногда несколько раз в году.

Таблица 4.3

**Классификация селей по объему
единовременных выносов обломочных материалов**

Название селя	Объем селя
Очень мелкий	Менее 1,0 тыс. м ³
Мелкий	1, 0-10 тыс. м ³
Средний	10- 100 тыс. м ³
Крупный	0,1- 1,0 млн м ³
Очень крупный	1,0- 10 млн м ³
Гигантский	Более 10 млн м ³

По уровню селевой активности выделяют три группы селевых бассейнов:

- с высокой селевой активностью с повторяемостью селей один раз в 3-5 лет и чаще;
- средней селевой активностью и повторяемостью селей один раз в 6-15 лет;
- низкой селевой активностью и повторяемостью селей один раз в 16 лет и реже.

Повторяемость селей отражает селеактивность данного бассейна. В некоторых бассейнах сели возникают редко, т. е. селеактивность их мала, но единовременный объем селевых выносов весьма значителен.

Основные показатели, характеризующие поражающее действия селя, и диапазон их применения приведены в таблице.

Основными характеристиками селевого потока, которые в целом определяют выбор и эффективность мероприятий по защите населения, являются время прихода головы селя в данный район и средняя глубина селя в объеме выносов.

Таблица 4.4

Характеристика селевых процессов

Основные параметры селя	Диапазон возможных значений
Объём или мощность селя (м^3)	От 1000 до 100млн. и более
Скорость движения селя (м/с)	От 2 до 20 м/с (<i>зависит от глубины потока, уклона русла и состава селевой массы</i>)
Продолжительность селя (час)	От 1 до 3ч, может проходить волнами
Высота «головы селя» (м)	От 2 до 25м
Плотность селевого потока (т/м^3)	От 1,1 до 2,5 т/м^3
Ширина селевого потока (м)	От 3 до 150м (<i>зависит от ширины русла</i>)
Глубина селевого потока (м)	От 1,5 до 15м
Крутизна склона в транзитной зоне	В верхней части 25-30° и 8-15° в нижней части
Длина русла селевого потока	От нескольких десятков метров до нескольких десятков км.
Периодичность селя	От нескольких раз в году до одного раза в 20лет
Максимальный размер в поперечнике крупнообломочных включений (м)	От 1 до 10м
Предельная крутизна прекращения движения	2°-5°
Масса включений (т)	200 – 300т

Противоселевые мероприятия. Для защиты объектов и снижения возможных разрушений и потерь среди населения в селеопасном районе возводятся противоселевые сооружения позволяющие задержать селевые выносы выше защищаемого объекта; отвести селевой поток от защищаемого объекта или пропустить его через объект; стабилизировать и защитить русло от размыва и обеспечить снижение силы ударного воздействия селевого потока.

Снежные лавины

Лавина - быстрое, внезапно возникающее движение снега и (или) льда вниз по крутым склонам гор, представляющее

угрозу жизни и здоровья людей, наносящее ущерб объектам экономики и окружающей природной среде [ГОСТ Р 22.0.03-95].

Снежные лавины представляют серьезную опасность. В результате их схода гибнут люди, разрушаются спортивные и санаторно-курортные комплексы, железные и автомобильные дороги, линии электропередач, объекты горнодобывающей промышленности и другие объекты экономики, блокируются целые районы, а также могут возникнуть наводнения (в том числе прорывные) с объемом подпруженного водоема до нескольких миллионов кубометров воды. Высота прорывной волны в таких случаях может достигать 5-6 метров. Лавинная активность приводит к накоплению селевого материала, так как вместе со снегом выносятся каменная масса, валуны и мягкий грунт.

Наблюдения за разрушениями, произведенными лавинами, доказывают, что они создают давление не только в направлении движения, но также вверх, вниз и в стороны. Величина его в этих направлениях может составлять от четверти до половины давления в направлении движения.

Возникновение лавин возможно во всех горных районах, где устанавливается снежный покров. Возможность схода лавин обусловлено наличием благоприятного сочетания лавинообразующих факторов и склонов определённой крутизны.

Угол наклона склона это *важная* величина, определяющая вероятность схода лавин. Сход снежных досок в холодных условиях (ниже 3°C) возможен лишь в определенных пределах уклона, *обычно* между **25° и 60°**. Слово *обычно* имеет большое значение, поскольку эти рамки меняются в зависимости от ряда факторов, включая погоду. При уклоне, превышающем **60°**, нагрузка на снег так велика, что снег осыпается постоянно. При уклоне ниже **25°** нагрузка недостаточно велика для схода снежной доски (хотя фиксировались случаи схода мокрых

лавин на склонах крутизной менее 15°). Крутизна склона очень важна потому, что одновременно с её ростом увеличивается давление на снежную толщу. Большинство снежных досок зарождается на склонах крутизной $30^\circ - 45^\circ$ (этот угол очень благоприятен для катания на лыжах).

Факторы, влияющие на образование лавин:

- высота снежного покрова (свежевыпавшего 30см и старого 70см);
- интенсивность снегопада (2см/час, резко увеличивается лавинная опасность);
- количество выпавшей воды в виде снега (более 2мм/час при большой скорости ветра, провоцирует сход лавин из снежных досок);
- оседание снежного покрова (сильно осевший снег в меньшей степени способен соскользнуть со склона, чем не осевший);
- метелевое распределение снежного покрова (ветер – одна из главных причин возникновения лавин. Метели являются важным признаком нарастающей лавинной опасности. *В.Н. Аккуратов определил, что лавины не образуются при метелевом переносе менее 1,5 грамма через квадратный сантиметр в минуту.*);
- плотность снега;
- температурный режим воздуха и снежного покрова;
- сейсмические события природного и техногенного характера.

Лавины возникают на крутых горных склонах при потере сцепления с грунтом или нижележащим слоем отдельных слоев снега или всего снегового покрова. Из-за чудовищного веса снега внутри снеговой массы возникает напряжение, приводящее к трещинам; по ним она расплывается и скользит вниз. Сначала снег образует (в зависимости от температуры и силы ветра) сравнительно легкий и рыхлый покров. Привести лавину в движение иногда могут незначительные нарушения в

структуре снегового покрова. Даже небольшой нагрев в солнечный полдень может настолько повысить напряжение между верхними и нижними слоями снега, что это приведет к откалыванию снеговой полки. Эта причина схода лавин наиболее часта.

В наши дни лавину все чаще вызывают безрассудные лыжники и сноубордисты. Любители острых ощущений, несмотря на запреты, уходят с безопасной трассы на неустойчивые склоны, получая особенное удовольствие от катания по не тронутой лыжниками снежной целине, и этим подвергают опасности не только собственную жизнь, но и жизнь других людей.

Формирование лавин происходит в лавинном очаге, представляющем собой участок склона и его подножия, в пределах которого движется лавина.

Лавинный очаг принято характеризовать тремя зонами:

- зона зарождения (*лавиносбор*);
- зона транзит (*лоток*);
- зона остановки (*конус выноса*) лавины.

Таблица 4.5

Классификация лавин по природе их формирования

Тип лавин	Особенности
Лотковая	Движение по фиксированному руслу
Осовая (склоновая)	Отрыв и движение по всей поверхности склонов
Прыгающая	Свободное падение с уступов склонов
Пластовая	Движение по поверхности нижележащего слоя снега
Грунтовая	Движение по поверхности грунта
Сухая	Сухой снег в лавинном очаге
Мокрая	Мокрый снег в лавинном очаге

До 70% всех лавин обусловлены снегопадами и сходят во время их или в течении первых суток после прекращения снегопадов.

По частоте схода (повторяемости) различают систематические лавины (сходят каждый год или один раз в

два года) и спорадические лавины (сходят 1-2 раза в 100 лет и реже, место схода трудно определить).

Таблица 4.6

Основные характеристики снежных лавин

Показатели	Диапазоны изменений
Масса (m), т	от единицы до 10^7
Объем (V), м ³	от единицы до 10^7
Скорость движения (V), м/с	
<i>мокрые</i>	10-20
<i>сухие</i>	20-100
Динамическое давление (ρ_n), мПа	до 2
Дальность выброса (L_{max}), м	до 2000
Плотность лавинного снега (ρ), т/м ³ :	
<i>сухая</i>	0,2-0,4
<i>мокрая</i>	0,3-0,8
Высота фронта лавины (H_n), м	до 10
Площадь сечения лавинного потока, м ²	до 10^3
Коэффициент лавинной активности, k_s *	0,3-1,0
Коэффициент поражения дна долины . $k_{дн}$ **	0,2–1,0
Объем лавинных завалов на дне долин и дорогах, м ³	до 10^7

* отношение лавиноактивной площади к суммарной.

** отношение поражаемой длины дна долины ко всей длине на данном участке.

4.5. Гидрологические опасные природные явления

Наводнения сопутствуют человеческому обществу с древнейших времен. Но если ранее наводнения происходили чрезвычайно редко, то за последние столетия, и в особенности в наше время, их частота и размеры причиняемого ущерба начали стремительно расти.

В России общая площадь земель, подвергающихся затоплениям, составляет более 800 тыс. км² (около 5% территории страны). Угрозы существует более чем для 40 крупных городов и нескольких тысяч других населенных пунктов. По данным МЧС России, ежегодно (с вероятностью 99%) в России затопливается около 50 тыс. км². При этом

среднестатистическая величина ущерба от наводнений по стране составляет в среднем около 100 млрд. рублей в год.

Определение (ГОСТ Р 22.0.03-95) наводнений. *Опасное гидрологическое явление* - событие гидрологического происхождения или результат гидрологических процессов, возникающих под действием различных природных или гидродинамических факторов или их сочетаний, оказывающих поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую природную среду.

Затопление - покрытие территории водой в период половодья или паводков.

Подтопление - повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальное использование территории, строительство и эксплуатацию расположенных на ней объектов.

Зона затопления - территория, покрываемая водой в результате превышения притока воды по сравнению с пропускной способностью русла.

Наводнение - это затопление водой прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей.

Основными природно-географическими причинами возникновения наводнений являются: выпадение осадков в ходе дождя, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и образовании заторов при ледоходе. Весьма опасны наводнения, связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГЭС, дамбы, плотины).

Классификация наводнения по масштабам и наносимому ущербу. Непосредственный ущерб от наводнений зависит от высоты и скорости подъема уровня воды, продолжительности

ее стояния, времени года, степени освоенности и экономического развития территории, а также от плотности населения, от своевременности прогноза и предупредительных мер, от наличия и эффективности защитных противонаводковых гидросооружений.

Низкие (малые) наводнения происходят на равнинных реках раз в 5-10 лет. Охватывают незначительные территории. При их возникновении затопляются сельскохозяйственные угодья, расположенные в поймах.

Высокие наводнения сопровождаются значительным затоплением территорий и охватывают большие участки речных долин. Вызывают необходимость частичной эвакуации. Повторяются раз в 20-25 лет.

Выдающиеся наводнения охватывают целые речные бассейны, парализуют хозяйственную деятельность на больших территориях. Требуют массовой эвакуации. Повторяются раз в 50-100 лет.

Катастрофические наводнения затапливают значительные территории в пределах одной или нескольких речных систем. Полностью парализуют хозяйственную деятельность людей, вызывают огромные материальные потери. Повторяются раз в 100-200 лет.

Поражающими факторами наводнений является поток воды и загрязнение гидросферы и почвы. Характеризует наводнения – скороподъемность, глубина, V движения и t_0 потока, площадь затопления и скоростной напор воды (динамическая нагрузка массы движущегося потока).

Типы наводнений. В большинстве районов земного шара наводнения вызываются продолжительными интенсивными дождями и ливнями в результате прохождения циклонов. На реках Северного полушария наводнения обусловлены бурным таянием снегов, зажорами и заторами льда. Предгорья и высокогорные долины подвергаются наводнениям, связанным с прорывами внутриледниковых и завальных озер. В

приморских районах при сильных ветрах нередко нагонные наводнения, а при подводных землетрясениях и извержениях вулканов наводнения, вызываемые - цунами.

В зависимости от причин выделяют пять групп наводнений:

- наводнения, связанные в основном с максимальным стоком от весеннего таяния снега. Такие наводнения отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке и называются обычно половодьем. Половодье может принимать катастрофический характер, если инфильтрационные свойства почвы значительно уменьшились за счет перенасыщения ее влагой и глубокого промерзания в суровую зиму. К увеличению масштаба наводнения могут привести весенние дожди, когда его пик совпадает с пиком паводка.

- наводнения, формируемые интенсивными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях. Они характеризуются интенсивными, сравнительно кратковременными подъемами уровня воды и называются *паводками*. В отличие от половодий, паводки могут повторяться несколько раз в году. Особую угрозу представляют так называемые внезапные паводки, связанные с кратковременными, но очень интенсивными ливнями, которые случаются и зимой из-за оттепелей.

- наводнения, вызываемые в основном большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Это обычно происходит в начале и в конце зимы при *заторах* и *зажорах* льда.

- наводнения, создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек – *ветровые нагоны*.

- наводнения, создаваемые *при прорыве или разрушении гидроузлов*.

На территории России преобладают наводнения первых двух типов (80% от общего числа), остальные виды наводнений имеют локальное распространение. В каждом регионе случаются наводнения разных типов, причём сильные и катастрофические создаются сочетанием нескольких факторов.

Факторы, влияющие на масштаб наводнения (то, что может повлиять на увеличение или уменьшение объём стока воды при наводнениях того или иного типа).

Половодье. Запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния снега; атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья; осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния; ледяная корка на почве; интенсивность снеготаяния; сочетание волн половодья крупных притоков речного бассейна; озёрность, заболоченность, лесистость и рельеф бассейна.

Паводок. Количество осадков и их интенсивность; продолжительность и площадь охвата; предшествующее выпадение осадков; увлажненность и водопроницаемость почвы; рельеф бассейна; величина уклонов рек; наличие и глубина мерзлоты.

Заторы и зажоры. Поверхностная скорость течения воды; наличие в русле сужений, отмелей, излучин, крутых поворотов, островов и т.д. (русловые препятствия); температура воздуха в период ледостава (осень, начало зимы) или в период ледохода (весна); рельеф местности.

Ветровые нагоны. Скорость, направление и продолжительность ветра; совпадение по времени с приливом (отливом); уклон водной поверхности и глубина реки; расстояние от морского побережья; средняя глубина и конфигурация водоёма, рельеф местности.

Наводнения при разрушении гидроузлов. Величина перепада уровня воды в створе плотины (верхний и нижний бьеф); объём, заполненный водой в водохранилище на момент прорыва; уклон дна водохранилища и реки; размеры и время

образования прорана; расстояние от плотины, рельеф местности.

Половодья образуются в результате таяния снега весной на водосборах рек умеренного пояса, а также на реках, имеющих горно-ледниковое питание. На характер формирования и прохождения половодья оказывают значительное влияние резкое и стабильное повышение температуры весной и запас воды в снеге. Половодье может принять катастрофический характер, если инфильтрационные свойства почв значительно уменьшились за счет перенасыщенности ее влагой из-за обильных осенних дождей и глубокого промерзания в суровую зиму. К значительному увеличению половодья могут привести весенние дожди, когда пик половодья совпадает с пиком паводка.

От дождевых паводков страдают практически все регионы России: Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, европейская часть. Так, например, на Дальнем Востоке на Амуре и его притоках Зее, Бурее, Уссури и Шилке наводнения, вызываемые летними паводками, происходят ежегодно, а иногда их бывает несколько в году.

В горных районах в период снеготаяния особенно велика роль дождей. Тут сказываются и дополнительное поступление тепла, и разрушительная работа дождевых капель, и энергия многочисленных мелких ручейков. Именно при подобной ситуации формируются выдающиеся паводки на горных реках Крима, Кавказа, Карпат и других районов.

В отличие от половодий паводки могут повторяться несколько раз в году. Особую угрозу для населения представляют так называемые внезапные паводки, связанные с кратковременными, но очень интенсивными ливнями. Паводки могут происходить и зимой, в результате оттепелей при прохождении циклонов.

Большой ущерб хозяйству стран Северного полушария приносят зимние наводнения на реках, обусловленные зажорами и заторами льда.

Затор льда представляет собой скопление льда в русле, стесняющее живое сечение (течение) и вызывающее подъем уровня воды в месте скопления льда и на некотором участке выше него. Затопы образуются при вскрытии рек весной (ледоход) при скоростях течения более 0,6 м/с. К местам образования затора можно отнести: участки с изменением уклонов водной поверхности от большего к меньшему; крутые повороты реки; сужение русла реки; участки с повышенной толщиной ледяного покрова.

Наиболее часто встречаются затопы торошения. Они формируются при интенсивном подъеме уровня воды, когда вслед за образованием трещины вдоль берегов ледяной покров разламывается на отдельные поля и льдины. В результате столкновения происходит напоздание одних льдин на другие, их сжатие и торошение. На участках со значительным разрушением ледяного покрова при скоростях течения более 1 м/с образуются затопы подныривания. Поверхность затора торосистая. Высота торосов может достигать нескольких метров. Потеря устойчивости и прорыв затора происходит под влиянием напора воды и повышением температуры воздуха. При прорыве скорость движения затопов составляет от 2 до 5 м/с, толщина движущегося скопления льда - 3-6 м. Водный поток ниже прорвавшегося затора может выйти за пределы русла и затопить местность, оставляя на берегах рек навалы льда высотой более 3 м.

Зажор льда - это явление, сходное с затопом льда. Оно также представляет собой скопление ледового материала в русле реки, вызывающего подъем воды в месте скопления и на некотором участке выше него. Однако между затопом и зажом имеются и различия.

Во-первых, зажор состоит из скопления рыхлого ледового материала (комьев шуги, частиц внутриводного льда, обломков айсбергов, небольших льдин).

Во-вторых, зажор льда наблюдается в начале зимы.

К местам образования зажоров можно отнести различные русловые препятствия: острова, отмели, валуны, крутые повороты, сужение русла, участки в нижних бьефах ГЭС. *Необходимым условием является возникновение в русле внутриводного льда и его вовлечение под кромку ледяного покрова. Определяющее значение имеет поверхностная скорость течения, а также температура воздуха в период замерзания.*

Строение затора. В строении затора выделяются три характерных участка:

замок затора - покрытый трещинами ледяной покров или перемычка из ледяных полей, заклинивших русло;

голова затора (собственно затор) - многослойное скопление хаотически расположенных льдин, подвергшихся интенсивному торошению;

хвост затора - примыкающее к затору однослойное скопление льдин в зоне подпора.

Мощность является главным критерием при классификации заторов и зажоров. Они подразделяются на катастрофически мощные, сильные, средние и слабые. Катастрофически мощный затор или зажор определяется так: к рассчитанному максимальному уровню весеннего половодья добавляют 5 м и более; для сильных от 3 до 5 м средних 3 м и менее. При слабых заторах и зажорах в величины наивысших уровней воды весеннего половодья поправки не вводятся.

Непосредственная опасность этих явлений заключается в резком подъеме воды и в значительных пределах. Она выходит из берегов и затопляет прилегающую местность, опасность представляют и навалы льда на берегу, которые разрушают прибрежные сооружения.

Подобная картина хорошо знакома жителям городов и сел, расположенных по берегам крупных и средних рек с быстрым течением, таких, например, как Амударья, Сырдарья, Нова, Нарва, Ангара. Поскольку зажорные наводнения случаются в начале, а иногда и в середине зимы, их продолжительность может достигать один, два месяца. Разлившаяся вода замерзает, и потом лед приходится выкалывать и вывозить из домов, сараев и пр. На территории России более чем на 1100 реках насчитывается примерно 2400 участков, на которых возможно образование зажоров и заторов льда. В США ущерб от заторно-зажорных наводнений составляет до 25% от общего среднегодового ущерба, причиняемого наводнениями.

Нагонные наводнения. Из 200 столиц мира примерно половина находится в морских устьях рек. Семнадцать из двадцати трех городов-мультимиллионеров с численностью населения свыше 5 млн. человек также расположены в устьях рек. Многие из них оказываются во власти грозных стихийных сил природы.

Угрозу для приморских районов, лежащих на пути движения циклонов, представляют нагонные наводнения. Их причина заключается в образовании в центре действия циклона при его прохождении над морем длинной волны. При подходе к побережью в районе шельфовой зоны высота волны резко возрастает. Ее существенному увеличению способствуют сужения в заливах.

Особую опасность нагонные наводнения представляют на побережьях с пологими невысокими берегами (как, например, в Санкт-Петербурге) или же там (как, например, в Нидерландах), где 25% территории находится ниже уровня моря. Нагонным наводнениям подвергается Лондон: с XIII в. зафиксировано более 10 катастрофических наводнений. Нагонные наводнения обычно вызываются сильными штормами, ливнями и ураганным ветром. По своим последствиям они могут быть особенно тяжелы, если по времени совпадут с приливом.

Нагон – это подъем уровня воды, вызванный воздействием ветра на водную поверхность в морских устьях крупных рек, а также на больших водохранилищах и озерах.

Ветровой нагон является стихийным бедствием, если уровень воды настолько высоко поднимается, что происходит затопление городов и населенных пунктов, повреждение промышленных и транспортных объектов, посевов сельскохозяйственных культур. С момента основания Санкт-Петербурга и по сей день зарегистрировано более 300 наводнений, из них более чем в 260 случаях вода поднималась выше 1,5 м над ординаром. Продолжительность затопления обычно колеблется от нескольких десятков часов до нескольких суток. Чем крупнее водоем и меньше его глубина, тем больших размеров достиг нагон. Величина подъема уровня при нагонах, с повторяемостью примерно один раз в 15-20 лет следующие: на озерах Сегозеро, Сайма, Байкал – 0,20-0,25 м; Белое, Чудское, Ильмень – 0,5-0,6 м; Онежское 0,7-1,0 м; Азовское море 1,0-1,5 м; Каспийское море 2,0-2,5 м.

По величине подъема уровня воды, повторяемости и материальному ущербу нагонные наводнения в устье реки Невы в пределах Санкт-Петербурга – занимают первое место в России. Наводнения здесь возникают во все времена года, в т.ч. и зимой, но самые опасные – осенние. На них приходится до 70 %, включая и катастрофические.

Повышение уровня грунтовых вод. Важной проблемой стало *подтопление* населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, связанное с повышением уровня грунтовых вод. По имеющимся оценкам подтапливается до 75 % всех городов, около 9 млн. га земель хозяйственного назначения. Площадь подтопленных земель за последние 15 лет увеличилась на 50 %.

По *происхождению* различают два типа подтопления:

- естественное, обусловленное проявлением природных процессов;

- техногенное – результат хозяйственной деятельности.

Естественное подтопление является следствием паводков, разливов, нагонов воды. В результате этого происходит ряд негативных процессов:

- недопустимое увлажнение, заболачивание и засоление территорий в районе подтопления;
- разрушение почв, ухудшение качества земель;
- вырождение растительности со всеми негативными последствиями для человека и животного мира;
- ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки на подтопленной территории;
- загрязнение почвенных вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами и другими вредными химическими веществами;
- разрушение вследствие ускоренной коррозии емкостей, трубопроводов и других заглубленных конструкций;
- нарушение герметичности свалок и скотомогильников;
- загрязнение подземных и поверхностных вод – источников питьевого водоснабжения для населения;
- затопление подвалов и технических подполий, что приводит к разрушению коммуникаций, появлению грибков, комаров, сырости в жилых помещениях и повышению уровня заболеваемости людей;
- деформация зданий, провалы, набухание и просадка почвы с последующим обрушением сооружений.

Техногенное подтопление наиболее опасно из-за латентного характера, оно может способствовать возникновению и развитию опасных процессов (карстовых явлений, оползней). Его провоцирует необдуманная хозяйственная деятельность:

- чрезмерное орошение сельскохозяйственных земель;
- утечка из водонесущих коммуникаций, емкостей, водоемов и технология накопителей воды;

- нарушение естественных условий поверхностного стока воды, что часто имеет место при развитии городского хозяйства, особенно ливневой канализации;
- ликвидация естественных систем дренажа, разрушение путей движения грунтовых вод заглубленными конструкциями, экранирование испаряющей поверхности территории непроницаемыми покрытиями;
- подпор грунтовых вод за счет подъема уровня воды в водохранилищах.

Подтопление неизбежно происходит при устройстве водохранилищ, наливных прудов, на реках при строительстве гидротехнических сооружений. Длительное подтопление отрицательно сказывается на плодородии почв.

Для устранения подтопления по границе территории устраивают осушительные системы с механическим водоподъемом или, если позволяет рельеф местности, самотечные. Регулирование уровня грунтовых вод осуществляют с помощью горизонтального дренажа, вертикального дренажа, подпорных сооружений на водотоках и т.д.

Горизонтальный дренаж - система закрытых искусственных водотоков (труб) расположенных на небольшой глубине параллельно поверхности земли с определенным уклоном для сбора и отвода за пределы осушаемых территорий избыточных почвенно-грунтовых вод.

Вертикальный дренаж – вид дренажа, позволяющий с помощью дренажных скважин управлять водным режимом почвы. Он представляет собой линейную систему скважин, в которых при помощи всасывающей или сифонной системы поддерживается заданный уровень воды.

Ранний ледостав – образование на поверхности водоема или водотока неподвижного льда. На замерзание кроме температуры, значительное влияние оказывают водность реки, скорость течения воды, ширина, глубина и извилистость русла.

Нарастание льда идет с нижней поверхности. Наиболее интенсивный прирост происходит в первые 2-3 декады после установления устойчивого ледостава. В период оттепелей прирост происходит за счет таяния и смерзания снежного покрова. При ледоставе максимальный прирост льда достигает 1-3 см/сутки.

Ледоход – движение льдин и ледяных полей на реках и водохранилищах под влиянием течений. Различают осенний и весенний ледоход. При осеннем ледоходе туга, сало, снежница и оторвавшиеся забереги образуют льдины. С наступлением весеннего ледохода движутся льдины, образовавшиеся в результате разрушения ледяного покрова. На реках ледоходы сопровождаются заторами, которые могут нанести повреждение гидротехническим сооружениям. Для избежания этого сооружают ледорезы, ледосбросы, тугосбросы. При необходимости разрушают взрывами.

Наводнения характеризуются основными параметрами водного режима воды – уровнем, расходом воды; объемом наводнений.

Уровень воды – отсчитывается от нуля поста или от ординара.

Ноль поста – это высота плоскости воды в реке над условной горизонтальной поверхностью сравнения. При организации поста эту плоскость выбирают таким образом, чтобы она была на 0,3 – 0,5 м ниже самого низкого возможного уровня.

Ординар – это средний за много лет наблюдений уровень воды в реках. Колебания уровня воды отсчитываются выше и ниже нуля в метрах и сантиметрах при помощи футштоков.

Футишок – рейка с делениями, устанавливается на водомерных постах рек для наблюдения за уровнем воды. Превышение поверхности воды в реке над поверхностью моря определяется сложением уровня воды на посту с отметкой «О» поста по ординару и дает значение абсолютной отметки уровня

в метрах. В России исчисление абсолютных высот суши ведется от среднего уровня Финского залива Балтийского моря у г Кронштадт.

Расходом воды это количество её (сток воды), протекающей через замыкающий створ реки за секунду и выражается в кубических метрах в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$).

Объем наводнения измеряется в миллионах кубических метрах и определяется посредством умножения суммы среднесуточного расхода воды за половодье (паводок) на коэффициент 0,0864 (одна миллионная часть от числа секунд в сутках).

4.6. Метеорологические опасные природные явления

Из группы метеорологических и агрометеорологических явлений природного происхождения крайне опасными стихийными бедствиями являются ураганы, бури и смерчи.

Ураганы, бури, смерчи относятся к ветровым метеорологическим явлениям.

Опасное метеорологическое явление - природные процессы и явления, возникающие в атмосфере под действием различных природных факторов или их сочетаний, оказывающие или могущие оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую природную среду (*ГОСТ Р 22.0.03-95*).

Ветер – это перемещение воздуха параллельно земной поверхности, возникающее в результате неравномерного распределения тепла и атмосферного давления и направленное из зоны высокого давления в зону низкого давления.

Характеристики ветра:

- *скорость* (измеряется $\text{м}/\text{сек}$, $\text{км}/\text{ч}$, $\text{миль}/\text{ч}$ (узлы));
- *направление движения* (та часть горизонта, откуда дуют);
- *сила ветра* измеряется давлением, которое он оказывает на один м^2 поверхности (при урагане $1000 \text{ кг}/\text{м}^2$). Но поскольку

сила ветра изменяется пропорционально его скорости, то обычно оценка силы ветра происходит по скорости.

Основной причиной возникновения ураганов, бурей и смерчей является циклоническая деятельность атмосферы. Циклоны Атлантического океана обычно называют ураганами, а тропические циклоны западной части Тихого океана – тайфунами.

Ураган (тайфун) – ветер огромной разрушительной силы, имеющий скорость более 32 м/сек, (115 км/ч) или 12 баллов по шкале Бофорта.

Шкала Бофорта - условная 12 балльная шкала для визуальной оценки силы (скорости) ветра в баллах по его действию на наземные предметы или по волнению на море. Разработана английским адмиралом Френсисом Бофортом в **1806 г.**, а в **1963г.** она принята Всемирной метеорологической организацией.

Таблица 4.7

Шкала Бофорта

БАЛЛЫ	СКОРОСТЬ ВЕТРА			НАЗВАНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА	ПРИЗНАКИ	
	мили /ч	км/ч	м/с		На море	На суше
0	0-1	0-1,6	0-0,44	ЗАТИШЬЕ	Зеркально гладкое море	Штиль. Дым идет прямо
1	2-3	3,2-4,8	0,88-1,33	ЛЕГКИЙ ВЕТЕРОК	Рябь, пены на гребнях нет	Дым изгибается
2	4-7	6,4-11,3	1,77-3,14	ЛЕГКИЙ БРИЗ	Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными	Листья шевелятся. Движение ветра ощущается лицом.
3	8-12	12,9-19,3	3,58-5,36	СЛАБЫЙ БРИЗ	Короткие, хорошо выраженные волны, опрокидываясь, образуют пену.	Листья двигаются
4	13-18	20,9-28,9	5,8-8,02	УМЕРЕННЫЙ БРИЗ	Волны удлиненные, видны белые барашки.	Листья и пыль летят
5	19-24	30,6-38,6	8,5-10,72	СВЕЖИЙ БРИЗ	Хорошо развитые в длину волны, но не очень крупные.	Тонкие деревья качаются
6	25-31	40,2-49,9	11,16-13,86	СИЛЬНЫЙ БРИЗ	Начинают образовываться крупные волны.	Качаются толстые деревья
7	32-38	51,5-61,1	14,3-16,97	СИЛЬНЫЙ ВЕТЕР	Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру.	Стволы деревьев изгибаются
8	39-46	62,8-74,0	17,4-20,5	БУРЯ	Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги.	Ветви ломаются
9	47-54	75,6-86,9	21-24,1	СИЛЬНАЯ БУРЯ	Высокие волны. Гребни волн начинают опрокидываться и распыляться в брызги.	Черепица и трубы срываются
10	55-63	88,5-101,4	24,58-28,16	ПОЛНАЯ БУРЯ	Очень высокие волны с длинными загibaющимися вниз гребнями. Плохая видимость.	Деревья вырываются с корнем
11	64-75	103-120,7	28,6-33,52	ШТОРМ	Исключительно высокие волны. Суда могут скрываться из вида. Видимость плохая.	Везде повреждения
12	более 75	более 120,7	> 33,52	УРАГАН	Воздух наполнен пеной и брызгами. Видимость очень плохая.	Большие разрушения

По своему происхождению вихри разделяются на две основные группы: тропические (ураганы, тайфуны) и циклоны умеренных широт.

Родиной *тропических вихрей* являются океанские просторы в приэкваториальной области примерно между $10 - 15^\circ$ северной и южной широт. Диаметры этих гигантских вихрей - несколько сотен километров, а высота - от 5 до 15 км. В умеренные широты тропические циклоны выходят в период с конца июня по начало октября, а наиболее активны в августе-октябре.

Отличительной особенностью циклонов этой группы является то, что они термически однородны (т. е. отсутствуют контрасты температуры в различных частях вихря), в них сосредоточено колоссальное количество энергии. Двигаясь в сторону умеренных широт, тропические циклоны постепенно теряют свою силу и затухают. Если бы их пути пролегли только над водными пространствами океанов и их прибрежных морей, то атакам ураганов подвергались бы только морские и океанские суда, застигнутые в пути следования. Однако часть ураганов обрушивается на прибрежные области материков и на острова, причиняя большие разрушения.

Циклоны умеренных широт менее опасны. Они возникают преимущественно в зонах атмосферных фронтов, где встречаются две различные воздушные массы. В северном полушарии самые обширные циклоны наблюдаются над акваториями Атлантического и Тихого океанов. Повторяемость их зависит от времени года и географического района. В среднем в северном полушарии циклоны над Европейской частью континента более часты зимой, над Азиатской - летом. Циклоны имеют диаметр порядка 2-3 тыс. км и более.

Важнейшей характеристикой ураганной является скорость ветра. Она при ураганах достигала в большинстве районов европейской части России 30-50 м/с, а на Дальнем Востоке - 60-90 м/с и более.

Возникают ураганы в любое время года, но подавляющее большинство их проходит по территории РФ в августе и сентябре. Сроки их происхождения имеют определенную цикличность, что способствует более точному их прогнозированию. Для удобства контроля за движением ураганов и в целях уменьшения ошибок при передаче информации, синоптики присваивают им короткие женские и мужские имена или четырехзначную нумерацию. Ураганы сопровождают и такие явления, как ливни, снегопады, град, электрические разряды. Ураганные ветры часто приводят к возникновению пыльных и снежных бурь.

Основным показателем, определяющим разрушающее действие ураганов является скоростной напор воздушных масс, обуславливающий силу динамического удара и обладающий метательным действием.

Ураганный ветер повреждает прочные и сносит легкие строения, обрывает провода линий электропередач и связи, опустошает поля, ломает и вырывает с корнем деревья.

Метательное действие скоростного напора урагана проявляется в отрыве людей от земли, переносе их по воздуху и ударе о землю или сооружение. Одновременно в воздухе стремительно переносятся различные твердые предметы, которые, подобно метательным орудиям, поражают людей. Разрушающиеся под действием ураганов постройки придавливают находящихся в них. В итоге под действием ураганов люди гибнут, получают травмы различной тяжести и контузии.

Возможные разрушения зданий и сооружений при ураганах подразделяются на полные, средние и слабые.

Ураганы, проходя над океаном, формируют мощные облака, являющиеся источником катастрофических ливней, которые вызывают наводнения. Ливневые осадки, сопровождающиеся ураганом, являются также причиной таких стихийных явлений, как селевые потоки и оползни.

Распространенным вторичным последствием ураганов выступают пожары, возникающие в результате аварий в системах электроснабжения, утечки легковоспламеняющихся веществ, нарушения локализации источников огня на производстве и в быту.

Бури (штормы) – очень сильный, со скоростью 20-32 м/сек, (70-115 км/ч) и продолжительный ветер, вызывающий большие разрушения на суше и волнения на море (штормы). Для бурь характерны меньшие, чем у ураганов скорости ветра, и длительность их действий составляет от нескольких часов до нескольких суток. В зависимости от времени года, их образования и вовлечения в воздух различного состава частиц различают *пыльные, снежные и шквальные бури*.

Пыльные (песчаные) бури сопровождаются переносом большого количества частиц почвы и песка. Они возникают в пустынных, полупустынных и распаханых степях и способны перенести миллионы тонн пыли на сотни и даже тысячи километров и засыпать территории площадью в несколько сотен тысяч квадратных километров. Подобные бури отмечаются в основном летом, во время суховеев, иногда весной в бесснежные зимы. В степной зоне они обычно возникают при нерациональной распашке земель. В РФ северная граница распространения пыльных бурь проходит через Саратов, Самару, Уфу, Оренбург и предгорья Алтая.

Беспыльные бури характеризуются отсутствием вовлечения пыли в воздух и сравнительно меньшими масштабами разрушений и ущерба. Однако в пути дальнейшего своего движения они могут превращаться в пыльные бури или снежные в зависимости от состава и состояния поверхностного слоя земли и наличия снежного покрова.

Снежные бури характеризуются также значительными скоростями ветра, что способствует зимой перемещению по воздуху огромных масс снега. Их продолжительность колеблется от нескольких часов до нескольких суток. Они

имеют сравнительно узкую полосу действия (от нескольких километров до нескольких десятков километров). Снежные бури большой силы бывают на равнинах Европейской части РФ и в степной части Сибири. Снежные бури в нашей стране часто достигают большой силы на огромных пространствах, следствием чего является прекращение движения в городах, сельских районах и на дорогах, гибель сельскохозяйственных животных и даже людей. Такие ситуации нарушают производственный ритм в масштабах всей страны и требуют значительных затрат сил и средств на восстановительные работы, особенно на железных и автомобильных дорогах.

Шквальные бури характеризуются почти внезапным началом, таким же быстрым окончанием, незначительной продолжительностью действия и огромной разрушительной силой. Эти бури распространены повсеместно на Европейской части РФ, как на морских акваториях, так и на суше.

Бури (штормы) вследствие того, что характерная для них скорость ветра значительно меньше, чем у ураганов, приводят к гораздо меньшим разрушительным последствиям. Однако если они сопровождаются переносом песка, пыли или снега, возможен значительный ущерб сельскому хозяйству, транспорту и другим отраслям. Пыльные бури засыпают поля, населенные пункты и дороги слоем пыли и песка достигающим нескольких десятков сантиметров на площадях в сотни тысяч квадратных километров. В таких условиях значительно снижается или полностью пропадает урожай и требуются большие затраты сил и средств на очистку населенных пунктов, дорог и восстановление сельскохозяйственных угодий.

Сильные ветры при низких температурах воздуха способствуют возникновению таких опасных метеорологических явлений, как *гололед*, *изморозь* и *наледь*. Результат их возникновения – вход из строя воздушных линий электропередач и связи, контактных сетей

электрифицированного транспорта, антенно-мачтовых и других подобных сооружений.

Таким образом, ураганы и бури, являясь опасными сами по себе, в сочетании с явлениями, сопровождающими их, будут создавать очень сложную обстановку, характеризующуюся разрушениями и жертвами.

Смерч (торнадо) – сильный маломасштабный атмосферный вихрь диаметром до 1000 м, в котором воздух вращается со скоростью до 100 м/с, обладающий большой разрушительной силой (*ГОСТ Р 22.0.03-95*).

Торнадо обычно возникают в теплом секторе циклона, когда вследствие воздействия сильного бокового ветра происходит столкновение теплых и холодных воздушных потоков. Начинается такой смерч, как обычная гроза, часто сопровождаемая дождем и градом. Затем в течение нескольких минут температура воздуха резко понижается, а из грозового облака вырывается атмосферный вихрь в виде рукава или хобота, имеющего воронкообразные расширения в верхней и нижней частях, после чего этот вихрь стремительно опускается по направлению к земле. Воздушные массы торнадо вращаются против часовой стрелки со скоростью 450 км/час, втягивая внутрь вихря воду, пыль, все предметы, встречающиеся на его пути, и перенося их на значительные расстояния.

Наиболее сильные торнадо происходят на территории США. Ежегодно здесь отмечается до 1 000 смерчей, от каждого из которых погибает до нескольких десятков человек. На долю очень сильных и разрушительных торнадо приходится 2% от общего числа смерчей, на сильные - 29%, а на слабые - 69%. В южных штатах пик таких смерчей приходится на март - май, а в северных - на май - сентябрь. Самое большое количество торнадо было зафиксировано в апреле 1974 года, когда в течение 2 дней по 13 штатам США прошли 148 торнадо, приведшие к гибели 330 человек.

Скорость ветра в торнадо настолько велика, что никакими анемометрами ее измерить невозможно. В США она определяется с помощью радара Доплера. По скорости вращения воздуха в воронке торнадо классифицируются по шести категориям. Шкала с шестью категориями F0-F5 для классификации американских торнадо введена профессором Теодором Фуджитой (Dr. T. Theodore Fujita) из Чикагского университета в 1971 г. Категория F1 по шкале Фуджиты соответствует 12 баллам по шкале Бофорта (32 м/с, ураган). Фуджита также ввел категории F6-F12 (от 142 м/с до скорости звука), видимо, на всякий случай. Но никогда зафиксированная скорость ветра в торнадо не превышала категории F5, предполагается, что таких торнадо наблюдаться не будет.

Существуют смерчи недолго, от нескольких минут до нескольких часов, проходя за это время путь от сотен метров до десятков километров.

Смерч всегда хорошо виден, при его подходе слышен оглушительный гул. Скорость перемещения составляет 50-150 км/ч.

Таблица 4.8

Шкала Фуджиты

Торнадо		Диапазон скоростей			Характеристика наносимого ущерба
Категория	Словесная характеристика	м/с	м/ч	миль/ч	
F0	Штормовой	18 - 32	64 - 116	40 - 72	Повреждает дымовые трубы и телевизионные вышки, ломает ветки деревьев, валит старые деревья, сносит вывески, повреждает дорожные знаки, разбивает окна.

F1	Умеренный	33 - 50	117 - 180	73 - 112	Срывает крышу с домов, выбивает окна, опрокидывает мобильные дома, разрушает легкие постройки, может разрушать гаражи, валит старые деревья, перемещает автомобили.
F2	Значительный	51 - 70	181 - 253	113 - 157	Значительные разрушения: срывает крыши с домов, наносит значительный ущерб стенам зданий, разрушает мобильные дома, разваливает или переносит легкие постройки, вырывает деревья с корнем, сдувает автомобили с дороги.
F3	Сильный	71 - 92	254 - 332	158 - 206	Срывает крыши с домов и разрушает полностью или частично стены зданий, опрокидывает поезда, большую часть деревьев вырывает с корнем, поднимает в воздух и бросает тяжелые автомобили, срывает легкое покрытие с дороги.
F4	Разрушительный	93 - 116	333 - 418	207 - 260	Частично или полностью разрушает прочные дома, легкие дома поднимает в воздух и переносит на некоторое расстояние, создает и всасывает в себя большое количество мусора и обломков, вырванные деревья переносит на некоторое расстояние, сдувает верхний слой почвы, поднимает в воздух и переносит на значительное расстояние автомобили и тяжелые предметы.

F5	Невероятный	117 - 142	419 - 512	261 - 318	Колоссальные разрушения: сносит с фундамента прочные дома и переносит их на большие расстояния, наносит значительный ущерб прочным железобетонным конструкциям, переносит тяжелые автомобили на расстояние 100 м и более, полностью вырывает с корнем все деревья, производит прочие невероятные разрушения.
F6- F12	Невообразимый	Свыше 142	Свыше 512	Свыше 318	Ущерб невозможно себе представить. Для оценки разрушений, производимых такими торнадо, необходимы дальнейшие исследования.

Важное примечание о ветрах f-масштаба: не используйте ветры F-масштаба буквально. Эти точные числа скорости ветра - фактически предположения и с научной точки зрения никогда не проверялись.

Различные скорости ветра могут вызвать подобно-выглядящее повреждение с места на место - даже от здания до здания. *Без полного технического анализа повреждения торнадо в любом случае, фактические скорости ветра должны были вызвать то повреждение, неизвестны.*

Смерчи наблюдаются во всех районах земного шара. В РФ наиболее часто возникают плотные смерчи в Поволжье и Сибири, на Урале и Черноморском побережье.

Смерч, соприкасаясь с поверхностью земли, часто наносит разрушения той же степени, которые возникают при сильных ураганных ветрах, но на значительно меньших площадях. Эти разрушения связаны с действием стремительно вращающегося воздуха и резким подъемом воздушных масс вверх. В результате этих явлений некоторые объекты (автомобили, «легкие» дома, крыши зданий, люди и животные), могут отрываться и переноситься на сотни метров. Такое действие смерча часто вызывает разрушение объектов, а людям

наносятся не только травмы и контузии, но и возможна их гибель. Одновременно за счет вовлечения в воздух огромного количества мелких предметов могут наблюдаться косвенные поражения людей.

4.7. Морские гидрологические опасные явления

Цунами. Японцы, острова которых в течение жизни многих поколений страдали от воздействия этого разрушительного явления, дали этой волне имя, которое теперь используется повсеместно: **цунами** (по слогам: цу-на-ми, «*TSU*» - означает гавань, «*NAMI*» - волна, т.е. волна в гавани). Японии более всего в мире страдает от действия цунами, может быть потому японское слово было выбрано для обозначения этого явления повсеместно.

В нашей стране термин «цунами» стал известен после трагедии на Курильских островах, когда в 1952г. в результате огромной волны (до 12м. высотой), был полностью разрушен город Северо - Курильск на о. Парамушир.

Цунами - морские волны, возникающие при подводных и прибрежных землетрясениях. (*ГОСТ Р 22.0.03-95*). Проявление цунами в виде стихийного бедствия заключается в его воздействии на берег.

Причины возникновения цунами. Основным фактором, вызывающим волны цунами, являются подводные и прибрежные землетрясения (порядка 85% всех случаев цунами), остальные 15% приходятся на обвалы и оползни, как на морском дне, так и на побережье, а так же извержения вулканов. Гипотетически возможны, хотя и крайне мало вероятны, цунами, вызванные падением метеоритов и астероидов.

В результате *подводного землетрясения*, происходящего в открытом океане, возникает зона локального возмущения уровня водной поверхности над эпицентральной областью. Это возмущение обусловлено быстрым поднятием или опусканием

морского дна, которое приводит к возникновению на поверхности океана длинных гравитационных волн, называемых волнами цунами.

Если где-то в океане происходит мгновенное поднятие дна, то на поверхности воды возникает как бы водяная «шапка гриба» высотой в 5-8м. затем она распадается с образованием круговых волн, разбегающихся в разные стороны.

26 декабря 2004 года в 0059 гринвичского времени в районе острова Суматра в Индийском океане произошло землетрясение с магнитудой 8,9 по шкале Рихтера.

Вследствие цунами 26 декабря пострадало население 36 стран. Согласно экспертам ООН, число жертв может превысить 150 тысяч человек. Это первое цунами, известное среди исторических данных, повлекшее за собой столь *катастрофические* последствия.

От стихии пострадало несколько азиатских стран индийского бассейна: Индонезия, Малайзия, Таиланд, Мьянма, Шри-Ланка, Бангладеш, Индия и Мальдивы. По предварительной оценке землетрясение вызвало волны высотой 10-15 метров. Так, в Шри Ланка, восточное побережье 5-10 метров; Индия, восточное побережье 5-6 метров; Андаманские острова >5 метров; Таиланд 3-5 метров; Кения 2-3 метра. Волны цунами после землетрясения в районе Суматры распространились не только по Индийскому океану, но и Тихому, достигли побережья Курильских островов, в частности, было зарегистрировано в Северо-Курильске (остров Парамушир). Максимальная высота волны составила 29 см. Период цунами составил 40-50 минут. Волна достигла побережья Курильских островов через 41 час 17 минут после землетрясения.

Условия, способствующие возникновению цунами:

Очаг землетрясения располагается под дном моря, океана или в сравнительной близости от тех крупных блоков земной коры, которые соприкасаются с большими водными толщами.

Над эпицентральной областью землетрясения находится слой воды значительной мощности. Глубина очага землетрясения невелика (10–60 км). Землетрясение должно быть большой силы, так как цунами возникают, как правило, при подводных землетрясениях с магнитудой более 7. Энергия цунами обычно составляет 1-10% энергии вызвавших их землетрясений.

Таким образом, наиболее разрушительной силой обладают цунами с очагами в глубоководных зонах, и, разрушительная сила волн цунами зависит от интенсивности породивших их землетрясений, расстояний от места возникновения до берега, протяженности очага цунами и первоначальной высоты волны, а также от особенностей рельефа дна на пути распространения волны и конфигурации береговой линии.

Классификация по интенсивности. Высота волны непосредственно над очагом цунами в океане составляет от 0,5 до 5 м. Она возрастает при выходе на мелководье, достигая высоты у побережья от 10 до 50 м. Конечная высота волны зависит от рельефа дна океана, контура и рельефа берега. На плоских, широких побережьях высота цунами обычно бывает не более 5-6 м. Волны высотой 15-20 м образуются на отдельных, сравнительно небольших участках с узкими бухтами и долинами. Скорость колеблется от 50 до 1000 км/час. Чем больше глубина океана, тем с большей скоростью распространяется волна. Пересекая Тихий океан, где средняя глубина около 4 км, цунами движутся со скоростью 650-800 км/ час. При подходе цунами к берегу, на отмели шельфа скорость быстро падает и составляет при глубине 100 м около 100 км/ час.

Трансформация волны цунами. Интенсивность цунами приближенно равна натуральному логарифму от высоты (в метрах) подъема воды при цунами на конкретном участке побережья. Интенсивность цунами характеризует энергию, выделившуюся в конкретной точке, которая находится на любом расстоянии от источника.

$$m = 3,39 \times \lg h, \quad (5.1)$$

где h - максимальная высота волны в метрах.

Для характеристики опасности цунами принимается шкала интенсивности К. Ииды и А. Имамуры:

0 баллов - слабое цунами; высота волны до 1 м; повторяемость в мире - несколько раз в год;

1 балл - умеренное цунами; высота волны до 2 м; заметное затопление плоских берегов; повреждения легких построек; лодки и легкие суда прибывают к берегу; повторяемость - дважды в год;

2 балла - сильное цунами; средняя высота волн 2-4 м, максимальная - до 6 м; в прибрежной полосе длиной в десятки км - частичное разрушение легких и повреждение прочных зданий, повреждение набережных; легкие суда выбрасываются на берег или уносятся в море. Побережье покрывается плавучими обломками. Значительное число жертв. Повторяемость - раз в год;

3 балла - очень сильное цунами. Средняя высота волн 4-8 м, максимальная до 10-20 м. В прибрежной полосе длиной до 400 км - полное разрушение легких и значительное повреждение прочных зданий, сильный смыв почв с полей. Повреждение всех судов, кроме самых больших. Много жертв. Повторяемость - раз в 2 года;

4 балла - разрушительное цунами. Средняя высота волн 8-16 м, максимальная - до 30 м. В прибрежной полосе длиной 500 км - сильное повреждение или разрушение всех построек, уничтожение садов, плантаций. Сильное повреждение крупнейших судов. Много жертв. Повторяемость - приблизительно раз в 10 лет.

Наибольшее количество цунами зарегистрировано:

Тихий океан – 75 %; Атлантический океан – 9 %; Индийский океан – 3 %; Средиземное море – 12 %; Прочие моря – 1 %.

В России воздействию цунами подвержены только Камчатка, Курильские и Командорские острова, частично о. Сахалин. За последние 200 лет отмечено 14 цунами, 4 из них катастрофические (05.11.1952 г. г. Северокурильск на о. Парамушир катастрофическое цунами).

Последствия цунами. Разрушения, вызываемые цунами, происходят в основном из-за удара волн, в результате затопления, размыва фундаментов зданий, мостов и дорог. Разрушения увеличиваются из-за плавающих обломков, лодок, машин, которые с силой ударяют в здания. Сильные течения, которые иногда наблюдаются во время цунами, вызывают дополнительные разрушения из-за того, что обрывают боны, срывают с якорей лодки и баржи.

Дополнительные разрушения могут произвести пожары из-за разлива нефтепродуктов в результате цунами; могут также иметь место загрязнения в результате нарушений системы канализации и смыва химических веществ.

Интенсивность цунами может быть снижена лесными массивами и пересеченным рельефом местности побережья. Хорошо защищены от цунами закрытые бухты, огражденные узкими скалистыми воротами, где во время бедствия наблюдается лишь повышение уровня воды. Наибольшему воздействию катастрофической волны подвержены равнинные побережья. Хотя при подходе к пологому берегу ударное воздействие цунами уменьшается, зона затопления значительно растет.

Невозможно полностью защитить какой-либо берег от разрушительной силы цунами. Во многих странах пытались строить молы и волноломы, дамбы и другие сооружения с целью ослабить силу воздействия цунами и уменьшить высоту волн. Но ни один тип защитных сооружений не смог предоставить стопроцентную защиту низко расположенных побережий. Фактически барьеры иногда могут только усилить разрушения, если волны цунами пробьют брешь в них, с силой

бросая на дома и другие сооружения куски бетона, как снаряды. Поражающими факторами цунами являются *ударное воздействие, размывание и наводнение*.

Цунами, имея большую скорость, высокую плотность вещества и огромную массу, обладают колоссальными разрушительным эффектом.

Набегая на встречное препятствие, волна обрушивает на него всю свою энергию, поднимаясь над ним громадной стеной, давит, разрушает и уничтожает его. Разрушительная сила цунами прямо пропорциональна скорости выхода волны к берегу.

Цунами вызывают массовую гибель людей, разрушают здания и другие сооружения, забрасывают на значительные расстояния от берега объекты (в том числе и океанские суда), переворачивают железнодорожные составы, сносят жилища, сдвигают дома, разрушают скалы, а иногда бетонные основания маяков. Суда, портовые сооружения и оборудование повреждаются от воздействия даже слабых волн цунами. Значительные повреждения вызываются так же действием плавающих предметов и обломков, включая мелкие суда и автомобили, которые становятся опасными таранными предметами.

Цунами особенно опасны для поселков, городов и сооружений, расположенных на низменных берегах океана, а так же находящихся в вершине заливов и бухт, широко открытых к океану и клинообразно сужающихся в сторону суши. Сюда, как в воронку, цунами нагоняют большую массу воды, которая в конце бухт огромной волной выплескивается на берег, затопляя устья и долины рек на 2-3 км от моря.

Сильное воздействие на людей, здания и сооружения оказывает *воздушная волна*, которую водная масса несет перед собой. Она выламывает двери, окна, сносит крыши и дома. При приближении к препятствию цунами забивает сжатый воздух в полости и трещины, что способствует разрушению самых

прочных конструкций. Воздействие воздушной волны на людей в определенной степени подобно воздействию взрывной ударной волны.

Вторичными последствиями разрушительных воздействий цунами могут быть: пожары, возникающие в результате повреждений нефтехранилищ, пожароопасных предприятий, морских судов. Разрушение химических и радиационно опасных объектов, а так же коммунальных систем может вызвать химические, радиационные загрязнения, которые быстро распространяются на обширные территории за счет потоков воды. Большой экономический ущерб несет вызванное цунами прекращение функционирования объектов сельского хозяйства, промышленности, энергетики, транспорта. Вторичные последствия по тяжести и размерам ущерба могут превосходить прямые последствия цунами во много раз.

Цунами сопровождаются сильными течениями мощных потоков воды по долинам рек и др. территорий, подвергшейся воздействию цунами. Эти сильные течения *вызывают* смыв почвы, склонный смыв, размыв насыпей дорог, оснований мостов, дамб, фундаментов сооружений. Вторичными последствиями размыва могут быть оползни, обрушения склонов, гибель сельскохозяйственных угодий и природных ландшафтов, а так же обрушения сооружений.

Поражающее воздействие цунами может также заключаться в *затоплении* обширных территорий морской водой. При этом имеют место те же последствия, что и при наводнениях. Однако в этом случае, ввиду солености морской воды, возникает засоление почв, что ведет к резкому снижению их плодородия.

Экологические последствия цунами могут быть самыми различными:

- массовая гибель и поражения людей и животных, нарушение устойчивости природных экосистем;

- разрушение и затопление прибрежных населенных пунктов волнами цунами;
- резкое ухудшение санитарной обстановки, возможное возникновение эпидемий;
- сильное психологическое воздействие на людей, тяжкие психические травмы со смертельным исходом.

Действие цунами в открытом океане не опасно. Поэтому суда, успевшие покинуть гавань и отойти достаточно далеко от берега (6-8 км), воздействию разрушительной волны не подвергаются. Однако корабли, находящиеся в океане над эпицентром подводного землетрясения, вызывающего цунами, могут испытывать моретрясение. Подводные сейсмические толчки через толщу воды передаются на корпус судна в виде серии сотрясений. При сильном моретрясении из строя могут быть выведены двигатели, рулевое управление, приборы и оборудование, сбита с ног команда.

В случае заблаговременной информации о возможности возникновения или о приближении цунами могут быть приняты меры по предупреждению потерь среди населения и снижению ущерба от них.

4.8. Природные пожары

Природный пожар – неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде (ГОСТ Р 22.0.03-95).

Общая площадь лесных угодий РФ 1200 млн. га. (70,5 % земельных угодий страны). Общая площадь насаждений, погибающих за год: от усыхания – 300-400 тыс. га и от лесных пожаров – 550,1 тыс. га. По данным многолетних наблюдений, в среднем 84 % всех лесных пожаров на территории России возникает по вине человека.

Опасными и распространенными стихийными бедствиями являются природные лесные и торфяные пожары (сильные пожары в крупных городах и населенных пунктах).

Основная причина возникновения пожаров – неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности (около 80%), естественные явления природы (грозовые разряды, извержения вулканов, самовозгорание газов и торфа).

Лесной пожар – пожар, распространяющийся по лесной территории [ГОСТ 17.6.1.01-83].

Пожар – неконтролируемое горение приводящее к ущербу [СТ СЭВ 383-87].

Горючесть лесного материала объясняется наличием в составе древесины углерода и его соединением со многими элементами (кислородом, азотом, водородом).

При нагревании древесина распадается на горючие газы и твердый остаток – древесный уголь. Чтобы древесный материал загорелся, его надо предварительно нагреть. При нагревании дерева до температуры 150⁰ происходит выделение воды и подсушивание.

С повышением температуры усиливается разложение древесины, образуется уголь, выделяются горючие газы, которые воспламеняются при температуре 300⁰. Свыше 300⁰ уголь загорается, после чего горение продолжается без участия начального источника тепла. Чем суше материал, тем меньше тепла нужно на испарение влаги и подготовку к его воспламенению. Таким образом, сухие древесные материалы воспламеняются легче и горение по ним распространяется быстрее.

Лесные материалы очень неоднородны по составу и свойствам. Они неодинаково быстро воспламеняются, высота пламени и скорость распространения огня по отдельным их видам различны.

Если сделать вертикальный разрез лесных горючих материалов, прослеживается три основных слоя, характерных для всех типов леса:

- верхний слой (живая растительность из высших растений – трав, кустарников, деревьев);
- средний слой (мхи и лишайники, мелкий опад) и засохшая трава;
- нижний слой (лесная подстилка и торф).

Далее следует минеральный слой почвы. Эти слои горючих материалов имеют разную структуру и неодинаково горят в различные периоды пожароопасного сезона.

Чаще всего лесные пожары начинаются с загорания среднего слоя. От его влажности, количества и характера распределения горючих материалов зависит характер горения. Если нижний слой – лесная подстилка и торф – достаточно сухой, то огонь с поверхности проникает в глубь органического слоя почвы. При большом количестве горючего в поверхностном слое тепла оказывается достаточно для просушивания растений верхнего слоя и они также начинают гореть. Следовательно, лесной материал, опасный в пожарном отношении, можно разделить на две группы: первичное и вторичное горючее. К первичному горючему, с которым начинается лесной пожар, относятся мхи и лишайники с мелким опадом, сухая листва. Ко вторичному – разложившийся слой и высшие растения.

Отсюда вытекает деление лесных пожаров на три основных вида: *низовые, веерные и подземные*.

Низовыми называются лесные пожары, распространяющиеся по нижним ярусам лесной растительности (лесной подстилке, опад). Низовые пожары бывают двух форм: *беглые и устойчивые*.

Беглыми называются пожары, при которых горит надпочвенный покров, опавшие листья и хвоя. Такие пожары характерны для весеннего периода, когда просох лишь самый

верхний слой мелких горючих материалов. В большинстве случаев беглые пожары распространяются с большой скоростью (0,5м/мин). Для них характерно пламенное горение. Огонь быстро сжигает то, что способно гореть и движется дальше. При беглом пожаре сгорает самосев леса, обгорают поверхность кроны нижней части деревьев и обнаженных корней, хвойный подлесок.

При *устойчивом* низовом пожаре огонь «заглубляется», прогорает подстилка, сильно обгорают корни и кора деревьев, полностью сгорают подрост и подлесок.

Верховые пожары характеризуются распространением огня по кронам и стволам деревьев верхних ярусов. Это дальнейшая стадия развития низовых пожаров. Важная особенность верхового пожара состоит в том, что низовой огонь является его необходимой составной частью.

Верховой пожар [ГОСТ 17.6.1.01-83]– лесной пожар, охватывающий полог леса.

Различают верховой устойчивый и верховой беглый пожары. При *верховом устойчивом* пожаре огонь распространяется по кронам по мере продвижения кромки низового пожара. При этом сгорают подстилка, валежник и сухостой, подрост и подлесок, ветви, сколько обгорают стволы деревьев.

При *верховом беглом* пожаре, который начинается только при сильном ветре, огонь по пологу леса продвигается обычно «скачками», иногда значительно опережая фронт низового пожара. При продвижении огня по кронам ветер разносит искры, горящие ветки и хвою, очаги низовых пожаров в нескольких десятках, а иногда и сотнях метров впереди основного очага. Во время скачка пламя разносится по кронам со скоростью 10-20 км/ч.

Подземными называются пожары, распространяющиеся в слоях торфа и перегноя. При горении торфяников такие пожары называются торфяными. Подземные пожары –

следующая стадия развития низового устойчивого пожара на участках с торфяными почвами или с мощным слоем подстилки (более 20 см), возникают после длительного периода засухи. Торф или подстилка прогорают на всю глубину до минерального слоя почвы или до влажных слоев, в которых не может продолжаться горение. При этом сгорают и корни деревьев, находящиеся в слое торфа или перегноя, а сами деревья вываливаются.

Таблица 4.9

Шкала оценки лесных участков по степени опасности возникновения пожаров.

Класс пожарной опасности	Объект загорания (типы леса)	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода их возможного возникновения.	Степень пожарной опасности.
5	Хвойные молодняки, сосняки. Захламленные вырубки.	В течении всего пожароопасного сезона – низовые пожары. На участках с древостоем – верховые.	Высокая
4	Сосняки с сосновым подростком или подлеском.	Низовые пожары – в течении всего пожароопасного сезона. Верховые – в период пожарных максимумов.	Выше средней
3	Сосняки-черничники.	Низовые и верховые пожары в период летних максимумов.	Средняя
2	Сосняки и ельники, смешанные с лиственными породами.	В период пожарных максимумов.	Ниже средней
1	Лиственные леса.	Только при особо неблагоприятных условиях.	Низкая

Классификация лесных пожаров. По площади, охваченной огнем лесные пожары квалифицируются: загорание (огнем охвачено 0,1-0,2 га); малый пожар (0,2-2 га); небольшой пожар (2,1 – 20 га); средний пожар (21 – 200 га); крупный пожар (201-2000 га); катастрофический пожар (более 2000 га). Средняя продолжительность крупных лесных пожаров – 10-15 суток. Выгоревшая площадь 450-500 га.

По скорости распространения огня:

- низового пожара - слабая (не превышает 1 м/мин, высотой до 0,5 м); средняя (1-3 м/мин, высотой до 1,5 м); сильная (свыше 3 м/мин и высотой свыше 1,5 м);
- верхового пожара – слабая (до 3 м/мин); средняя (до 100 м/мин) и сильная (свыше 100 м/мин).

Скорость распространения подземного пожара не велика – 0,1 м/мин и ниже. Слабым почвенным (подземным) пожаром считается такой, у которого глубина прогорания не превышает 25 см, средним - 25-50 см, сильным - более 50 см.

Практическое задание №4 **Оценка последствий урагана**

в районе размещения объекта экономики

4.1. Условие задания

Оценить методом прогноза последствия урагана в районе размещения объекта экономики для условий, приведенных в таблице исходных данных 4.1:

- 1) степень разрушения зданий и сооружений с качественным описанием повреждений;
- 2) общие, санитарные и безвозвратные потери населения, находившегося в зданиях.

4.2. Проведение расчетов

Исходные данные:

Скорость ветра – 37 м/с;

Тип зданий – кирпичные многоэтажные здания;

Количество зданий – 400;

Количество людей в здании – 150.

4.2.1. В соответствии с заданными скоростью ветра u , м/с, и типом здания по таблице 2.1 определим степень разрушения здания, а по таблице 2.3 — его качественную картину.

Итак, степень разрушения для кирпичных многоэтажных зданий при скорости ветра 37 м/с – сильная.

Из таблицы 2.3. для такой степени разрушения характерны значительные деформации несущих конструкций; сквозные трещины в стенах, обрушение частей стен и перекрытий верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей.

2.2.2. По полученной степени разрушения здания по таблице 2.2 рассчитаем вероятности общих $P_{\text{ОБЩ}}$, безвозвратных $P_{\text{БЕЗВ}}$, санитарных $P_{\text{САН}}$ потерь людей (%) в разрушенных зданиях:

Вероятность общих потерь людей – 0,60 %;

Вероятность безвозвратных потерь людей – 0,15 %;

Вероятность санитарных потерь людей – 0,45 %.

4.2.3. С использованием значения общей численности людей $N_{\text{Л}} = 400 \cdot 150 \text{ чел} = 60\,000$ человек рассчитаем абсолютные значения потерь людей, находящегося внутри зданий при урагане по формулам:

$$N_{\text{Л ОБЩ}} = P_{\text{ОБЩ}} \cdot N_{\text{Л}} = \frac{0,60 \%}{100 \%} \cdot 60\,000 \text{ чел} = 360 \text{ чел};$$

$$N_{\text{Л БЕЗВ}} = P_{\text{БЕЗВ}} \cdot N_{\text{Л}} = \frac{0,15 \%}{100 \%} \cdot 60\,000 \text{ чел} = 90 \text{ чел};$$

$$N_{\text{Л САН}} = P_{\text{САН}} \cdot N_{\text{Л}} = \frac{0,45 \%}{100 \%} \cdot 60\,000 \text{ чел} : 100 \% = 270 \text{ чел}.$$

4.3. Справочные материалы для проведения расчетов

Таблица 4.1

Зависимость степени разрушения зданий и сооружений от скорости ветра, м/с

Тип зданий, сооружений и оборудования	Степень разрушения			
	слабая	средняя	сильная	полная
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной конструкции	25–30	30–50	50–70	>70

Кирпичные здания:				
малоэтажные	20–25	25–40	40–60	> 60
многоэтажные	² 0–25	² 5–35	³ 5–50	>50
Административные многоэтажные здания и здания с металлическим и железобетонным каркасом	² 0–35	³ 5–50	³ 5–60	>60
Крупнопанельные жилые здания	² 0–30	³ 0–40	⁴ 0–50	> 50
Складские кирпичные здания	² 5–30	³ 0–45	⁴ 5–55	>55
Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	¹ 5–20	² 0–45	⁴ 5–60	>60
Склады-навесы из железобетонных элементов	² 5–35	³ 5–55	⁵ 5–70	>70

Таблица 4.2

Вероятность потерь людей в разрушенных зданиях при ураганах (в процентах)

Потери	Степень разрушения здания			
	слабая	средняя	сильная	полная
общие	0,05	0,30	0,60	1,00
безвозвратные	0,00	0,08	0,15	0,60
санитарные	0,05	0,22	0,45	0,40

Таблица 4.3

Качественная характеристика разрушений зданий

Здания	Степень разрушения		
	слабая	средняя	сильная
Производственные и административные	разрушение наименее прочных конструкций зданий и сооружений: заполнения дверных и оконных проемов;	разрушение перегородок, кровли, части оборудования; большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб, разрушение	значительные деформации несущих конструкций; сквозные трещины в стенах, обрушение частей стен и перекрытий

	небольшие трещины в стенах, откалывание штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах или падение их отдельных частей	оконных и дверных заполнений, появление трещин в стенах	верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей
--	--	---	---

Оценка обстановки при возникновении лесного низового пожара в районе размещения объекта экономики

4.1. Условие задания

В районе размещения объекта экономики действует очаг лесного низового пожара, сторона которого приближается к объекту. Оценить методом прогноза время подхода пожара для условий, приведенных в таблице вариантов исходных данных.

4.2. Проведение расчетов

Исходные данные:

Тип горючего материала – хвоя;

Влажность горючего материала – 55 %;

Скорость ветра – 10 м/с;

Сторона очага пожара – фланг;

Расстояние от очага пожара – 5 км.

4.2.1. В соответствии с заданными скоростью ветра $u = 10$ м/с, видом и характеристиками горючего материала определим скорость распространения (м/мин), фронта v_ϕ , флангов $v_{\phi л}$ и тыла v_T пожара по формулам:

$$v_\phi = v_T = (v_0 + ku) \cdot \left(1 + \frac{u}{\sqrt{u+c}}\right)^2, \quad (4.1)$$

$$v_{\phi л} = u + ku, \quad (4.2)$$

где v_0 – скорость распространения пожара на равнине в безветренную погоду, для ориентировочных расчетов принимается 0,4 м/мин;

k – коэффициент, учитывающий раздувающее влияние пламени;

u – скорость ветра, м/с;

C – коэффициент, учитывающий удельную теплоемкость горючих материалов.

Значения k и C берём из таблицы 3.1: $k = 0,16$ и $C = 3,00$ и рассчитываем

$$\begin{aligned} v_{\phi} = v_{\tau} &= (0,4 + 0,16 \cdot 10) \times \left(1 + \frac{10}{\sqrt{10 + 3}}\right)^2 = 2 \cdot \left(1 + \frac{10}{3,61}\right)^2 = \\ &= 2 \cdot \left(1 + \frac{10}{3,61}\right)^2 = 28,3 \end{aligned}$$

$$v_{\phi\lambda} = u + ku = 10 + 0,16 \cdot 10 = 11,6 \text{ м/с}$$

Таким образом, в результате получили, что скорости распространения лесного низового пожара по фронту и тылу $v_{\phi} = v_{\tau} = 28,3$ м/мин, а скорость распространения пожара по флангу (в очаге) $v_{\phi\lambda} = 11,6$ м/с.

3.2.2. По полученному значению скорости распространения пожара рассчитаем время его подхода t (в ч) к объекту экономики по формуле:

$$t = 3,6 \cdot \frac{R}{v}, \quad (4.3)$$

где R – удаление объекта экономики от очага пожара, км;

v – скорость распространения пожара (в нашем случае по таблице исходных данных 4.4. по флангу), м/с.

$$t = 3,6 \cdot \frac{5}{11,6} = 1,55 \text{ ч}$$

Таким образом, в результате получили, что время подхода пожара к объекту экономики составляет 1,55 ч.

4.3. Справочные материалы для проведения расчетов

Таблица 4.4.

Значения параметров k и C

Тип горючего материала	Параметр	Влажность, %		
		< 30	30–50	> 50
Сухая трава, опавшие листья и хвоя	k	0,45	0,27	0,16
	C	3,50	3,30	3,00
Зеленые мхи	k	0,20	0,10	0,05
	C	2,40	2,20	1,8

ГЛАВА 5. ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

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

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

5.1. Постоянные локально действующие опасности.

Постоянные локально действующие опасности, как правило, возникают от избыточных материальных или энергетических потоков (выбросы 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 указанных выше факторов. Рассмотрим их подробнее.

Вредные вещества. К вредным относятся вещества и соединения (далее - вещества), которые могут вызывать заболевания как в процессе контакта с организмом человека, 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, элементоорганические) в зависимости от их практического использования подразделяются на:

- 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.

Ядовитые свойства могут проявить практически все вещества, но в больших дозах. К ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсиметрии, 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 условия и других сопутствующих факторов окружающей среды. Общая токсикологическая классификация вредных веществ приведена в табл. 5.1.

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

Таблица 5.1

Токсикологическая классификация вредных веществ

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

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 ($\text{мг}/\text{м}^3$); среднесмертельная доза при введении в желудок ($\text{мг}/\text{кг}$) обозначается как $DL_{50}^{\text{ж}}$, среднесмертельная доза при нанесении на кожу ($\text{мг}/\text{кг}$) - $DL_{50}^{\text{к}}$.

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 (дозы) ($C > \text{ПДК}$).

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. 5.1 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 Lim_{ch} . Чем больше отношение Lim_{ac} / Lim_{ch} , тем выше опасность.

Классификация производственных вредных веществ по степени опасности приведена в табл. 5.2.

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.

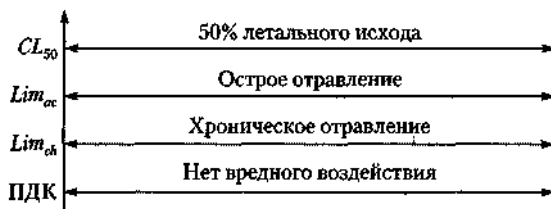


Рис. 5.1. Зависимость вида вредного воздействия вещества от его концентрации (дозы)

Таблица 5.2

Классификация производственных вредных веществ по степени опасности

Показатель	Класс опасности			
	первый	второй	третий	четвертый
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 DL_{50}^* , мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Смертельная доза при нанесении на кожу DL_{50}^* , мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация CL_{50} в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50 000	Более 50 000

Развитие общетоксического действия аэрозолей в значительной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами размером 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. Мелкодисперсную пыль трудно улавливать; она медленно оседает, витая в воздухе рабочей зоны.

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.

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 $C \leq \text{ПДК}$.

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

Различают несколько типов комбинированного действия ядов: аддитивного, потенцированного, антагонистического, независимого действия.

Аддитивное действие - это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ одонаправленного 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. Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия ядов используют уравнение в виде:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

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.

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

При **потенцированном действии** (синергизме) 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.

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 потенцировании и антагонизме оценку суммарного эффекта можно проводить с учетом коэффициента комбинированного действия $K_{КД}$ по формуле:

$$\frac{C_1 K_{КД1}}{ПДК_1} + \frac{C_2 K_{КД2}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n K_{КДn}}{ПДК_n} \leq 1,$$

где $K_{КД} > 1$ при потенцировании; $K_{КД} < 1$ - при антагонизме; 1, 2,..., n - номер вещества.

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

На производстве возможно также **сочетанное действие** 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.

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 в диапазоне 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, 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. 5.3.

Входящие в резонанс органы нередко вызывают болезненные ощущения, связанные, в частности, с растягиванием соединительных образований, поддерживающих вибрирующий орган.

Таблица 5.3

Симптомы и частотные диапазоны вредного воздействия вибрации на человека

Симптомы действия вибрации	Частота, Гц					
	10^{-1}	1	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					■	■

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 сердечнососудистой 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 автоводителей-профессионалов, трактористов, пилотов самолетов грыжи межпозвоночных дисков встречаются в несколько раз чаще, чем у лиц сидячих профессий, не подвергающихся вибрации.

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 кроме этого она воздействует на процесс кровообращения и на нервные окончания в пальцах рук. Это вызывает побеление пальцев, потерю их чувствительности, онемение, ощущение покалывания. Эти явления усиливаются на холоде, но на первых порах относительно быстро проходят. При длительном воздействии вибрации патология может стать необратимой и приводить 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).

На практике обычно имеют дело со смешанной вибрацией, содержащей как периодические, так и случайные компоненты.

Простейшим видом колебательных процессов являются гармонические колебания. При этом колеблющаяся величина w , представляющая собой параметр колебаний, изменяется во времени t по гармоническому закону:

$$W(t) = A_w \cos(\omega t + \varphi),$$

где $A_w \varphi$ - амплитуда и фаза колебаний; ω - круговая частота $\omega = 2\pi f$; $f = 1/T$ - циклическая частота; T - период колебаний). Циклическую частоту f измеряют в герцах (Гц), а угловую частоту ω - в рад/с.

В качестве параметров, оценивающих вибрацию, может служить виброперемещение u (м) или ее производные: виброскорость v (м/с) и виброускорение a (м/с²). Если виброскорость изменяется по гармоническому закону с амплитудой A , то этому закону будут подчиняться и два других параметра. При этом амплитуды виброускорения A_a и виброперемещения A_u связаны с амплитудой A_v соотношениями

$$A_a = \omega A_v; A_u = A_v / \omega.$$

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

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

Так как 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 вибрации (в дБ), определяется по формуле:

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

где w - среднее квадратичное значение рассматриваемого параметра вибрации; w_0 - пороговое значение соответствующего параметра.

Для виброскорости пороговое значение равно $5 \cdot 10$ м/с.

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 f_n и f_v . Как правило, это октавные фильтры, для которых отношение $f_v/f_n = 2$, или третьоктавные фильтры с полосой в три раза более узкой.

Для октавных полос получены следующие значения средних геометрических 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: $f_n = f_{сг} / \sqrt{2}$ и $f_v = \sqrt{2} f_{сг}$.

Акустический шум — беспорядочные звуковые колебания в атмосфере. Понятие акустического шума связано со звуковыми волнами (звуками), под которыми понимают распространяющиеся в окружающей среде и воспринимаемые ухом человека упругие колебания в частотном диапазоне от 20 Гц до 20 кГц.

Шум оказывает влияние на весь организм человека. Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40-70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, а при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха - профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв

барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Шумовое воздействие, сопровождающееся повреждением слухового анализатора, проявляется медленно прогрессирующим снижением слуха. У некоторых лиц серьезное шумовое повреждение слуха может наступить уже в первые месяцы воздействия, у других - потеря слуха развивается постепенно. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ - начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

Результаты воздействия повышенного производственного шума приведены в табл. 5.4.

Результаты оценки потери слуха (ΔL) у ткачих приведены на рис. 5.2.

Таблица 5.4

Влияние шума на работающих

Эквивалентный уровень звука, дБА	80	90	90	90	100	100	100	110	110	110
Стаж работы, лет	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25
Доля заболевших тугоухостью, %	0	4	14	17	12	37	43	26	71	78

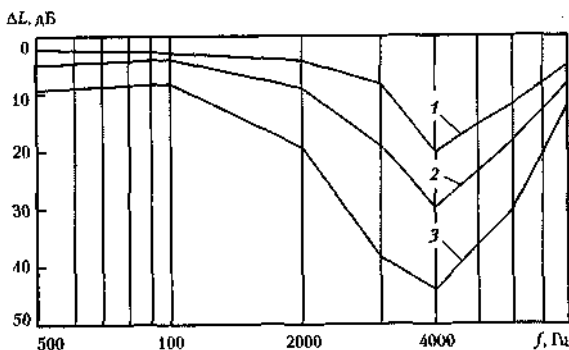


Рис.5.2. Потеря слуха у ткачих при стаже работы: 1-4 года; 2-8 лет; 5-16 лет

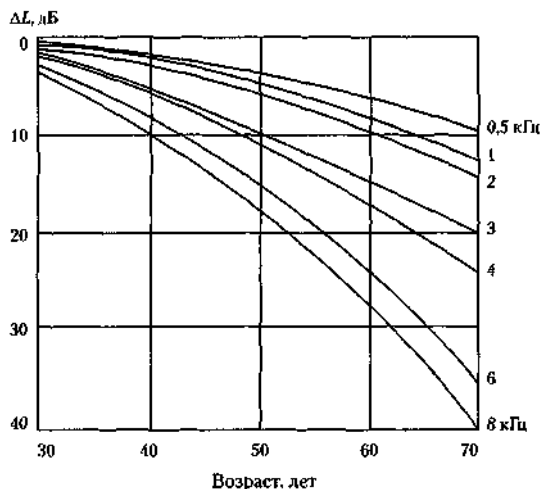


Рис. 5.3. Потеря слуха на разных частотах в зависимости от возраста

Промышленный шум является не единственной причиной потери слуха. Помимо этого необратимые потери слуха наступают и с увеличением возраста (рис. 5.3). Обычно это явление начинается в возрасте приблизительно 30 лет у мужчин и 35 лет у женщин с потери чувствительности слуха к высоким частотам. С годами оно распространяется на более низкие частоты, достигая речевого диапазона 500-3000 Гц.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие наличия в ней какого-либо возмущающего воздействия. Скорость, с которой распространяется звуковая волна, называется скоростью звука. Скорость звука c , м/с, зависит только от характеристик среды распространения и может изменяться в очень широких пределах $c = \sqrt{K/\rho}$. В воздухе при температуре 20 °С скорость звука составляет 340 м/с, где ρ - плотность среды кг/м³, K - модуль объемной упругости среды, Па.

Любое колебательное движение характеризуется частотой f и периодом колебаний T . Период колебаний $T = 1/f$

соответствует временному интервалу, через который в каждой точке пространства временное развитие колебаний будет повторяться. Этому временному интервалу будет соответствовать пространственный интервал повторения волновой картины, так называемая длина волны λ , м, определяемая соотношением $\lambda = c/f$. В частотном диапазоне звуковых колебаний длины волн изменяются от нескольких десятков метров до нескольких сантиметров.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называется звуковым полем. В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется звуковым давлением p , измеряемым в Па. Так как звуковое давление есть функция времени, то для его оценки используется осредненная величина, а именно средний квадрат звукового давления, получаемый осреднением мгновенных значений p^2 на некотором интервале времени T_0 . Такое осреднение осуществляется и в нашем слуховом аппарате (время осреднения составляет порядка нескольких миллисекунд).

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии, который характеризуется интенсивностью звука I , Вт/м². Интенсивность связана со звуковым давлением следующим соотношением:

$$I = p^2 / (\rho c).$$

Величины звукового давления и интенсивности звука, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, могут меняться в широких пределах: по давлению до 10^8 раз, по интенсивности до 10^{16} раз. Оперировать такими цифрами неудобно. Выяснено, что ощущения человека, возникающие при различного рода раздражениях, в частности при шуме, пропорциональны логарифму количества энергии

раздражителя. Поэтому были введены логарифмические величины - уровни звукового давления и интенсивности.

Уровень интенсивности звука (дБ) определяют по формуле:

$$L_I = 10 \lg I/I_0,$$

где I_0 - пороговая интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости на частоте 1000 Гц ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²). Уровень звукового давления (дБ) определяют по формуле:

$$L_p = 10 \lg p^2/p_0^2 = 20 \lg p/p_0,$$

где p_0 - пороговое звуковое давление, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц.

Пороговые значения звукового давления и интенсивность звука связаны соотношением:

$$I_0 = p_0^2/\rho_0 c_0,$$

где ρ_0 , c_0 - плотность воздуха и скорость звука при нормальных атмосферных условиях.

Величину уровня интенсивности применяют при получении формул акустических расчетов, а уровня звукового давления - для измерения шума и оценки его воздействия на человека, поскольку орган слуха чувствителен не к интенсивности, а к среднеквадратическому давлению. Связь между уровнем интенсивности и уровнем звукового давления определяется выражением

$$L_p = L_I - 10 \lg \rho_0 c_0 / \rho c.$$

При нормальных атмосферных условиях $L_p = L_I$.

В том случае, когда в расчетную точку попадает шум от нескольких источников, суммарный уровень шума определяется по формуле

$$L = 10 \lg \sum 10^{0,1 L_i},$$

где L_i - уровни звукового давления или уровни интенсивности, создаваемые каждым источником.

Если имеется n одинаковых источников шума с уровнем звукового давления L , создаваемым каждым источником, то суммарный уровень шума (дБ) составляет

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg n.$$

Из этой формулы видно, что два одинаковых источника совместно создадут уровень на 3 дБ больший, чем каждый источник в отдельности.

Шумы принято классифицировать по их спектральным и временным характеристикам. В зависимости от характера спектра шумы бывают тональными, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона, и широкополосными - с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По временным характеристикам шумы подразделяют на постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА, и непостоянные, для которых это изменение более 5 дБА. В свою очередь, непостоянные шумы делят на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсивные.

В табл. 5.5 приведены показатели звукового давления и уровни, создаваемые характерными источниками шума.

При воздействии ударной волны на человека и животных считается безопасным избыточное давление во фронте ударной волны 10 кПа и менее. Легкие поражения (звон в ушах, головокружение, головная боль) наступают при избыточном давлении 20-40 кПа. Поражения средней тяжести (контузии головного мозга, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей) возникают при избыточном давлении 40-60 кПа.

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью. Звуковая мощность источника P - это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени. Если окружить источник шума замкнутой поверхностью площадью S , то звуковая мощность P источника (Вт) составит

$$P = \oint I_n ds,$$

где I_n - нормальная к поверхности составляющая интенсивности.

Таблица 5.5

Показатели звукового поля некоторых источников шума

Звуковое давление, Па	Уровень звука, дБА	Источники шума и расстояние до него
2000	160	Старт баллистической ракеты, 100 м
200	140	Взлет реактивного самолета, 15 м
20	120	В штамповочном цехе
2	100	Отбойный молоток, 1 м
0,2	80	Автомобиль, 7 м
0,02	60	Обычная речь, 1 м
0,002	40	В читальном зале
0,0002	20	Шепот, 1 м

Если считать источник шума точечным, то величину средней интенсивности звука на поверхности этой сферы (Вт/м^2) можно определять по формуле

$$I_{\text{ср}} = P/4\pi r^2.$$

Это выражение предполагает излучение шума по всем направлениям одинаковым, что справедливо для точечного источника, размеры которого малы по сравнению с излучаемыми им волнами. Однако источники шума часто излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения. Эта неравномерность излучения характеризуется коэффициентом Φ - фактором направленности, показывающим отношение интенсивности звука, создаваемой направленным источником в данной точке I , к интенсивности $I_{\text{ср}}$, которую развил бы в этой же точке источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук в сферу одинаково. Фактор направленности рассчитывают по формуле

$$\Phi = I/I_{\text{ср}} = p^2/p_{\text{ср}}^2.$$

Шумовыми характеристиками, которые указываются в прилагаемой к машине технической документации, являются:

1) уровни звуковой мощности шума L_p в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц;

2) характеристики направленности излучения шума машиной.

Уровни звуковой мощности L_p (дБ) устанавливаются по аналогии с уровнем интенсивности звука:

$$L_p = 10 \lg P/P_0,$$

где P - звуковая мощность, Вт; P_0 - пороговая звуковая мощность, $P_0 = 10^{-12}$ Вт.

Проведение акустических расчетов необходимо для оценки ожидаемых уровней шума на рабочих местах или, например, в районе жилой застройки. Это позволяет еще на стадии проектирования разработать такие мероприятия, чтобы этот шум не превышал допустимые уровни. Задачи акустического расчета - это:

- определение шума в расчетной точке по заданным характеристикам источника шума;
- расчет необходимого снижения шума.

В зависимости от того, где находится расчетная точка - в открытом пространстве или в помещении, - применяют различные расчетные формулы.

При действии источника шума со звуковой мощностью P (рис. 5.4) интенсивность шума I в расчетной точке открытого пространства определяется выражением

$$I = P\Phi/(\kappa S),$$

где Φ - фактор направленности; S - площадь поверхности, проходящая через расчетную точку, на которую распределяется излучаемая звуковая энергия.

В частности, для полусферы это соответствует площади поверхности $S = 2\pi r^2$ (здесь r - расстояние между источником звука и точкой наблюдения); κ - коэффициент, показывающий, во сколько раз ослабевает шум на пути распространения при наличии препятствий и затухания в воздухе, $\kappa \geq 1$. Если в

атмосферном воздухе расстояние от источника до расчетной точки не более 50 м, то можно считать, что $k = 1$.

В логарифмической форме выражение для определения интенсивности шума $L_{оп}$ в расчетной точке открытого пространства можно записать в виде

$$L_{оп} = L_p + 10\lg\Phi - 10\lg S/S_0 ,$$

где $S_0 = 1 \text{ м}^2$.

В домах к шуму, проникающему снаружи, добавляется еще и структурный шум, распространяющийся по стенам и конструкциям. Он появляется при работе лифта, насосов, при проведении ремонтов и т.п.

При работе источника шума в помещении звуковые волны многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. Отражения могут увеличить шум в помещениях на 10-15 дБ по сравнению с шумом того же источника на открытом воздухе.

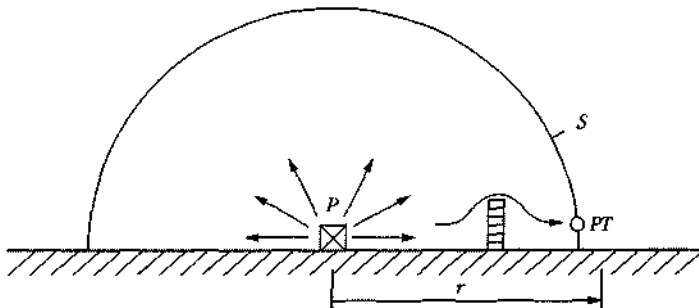


Рис. 5.4. Расчет шума для открытого пространства

Интенсивность звука I в расчетной точке помещения (рис. 5.5) складывается из интенсивности прямого звука $I_{пр}$, идущего непосредственно от источника, и интенсивности отраженного звука $I_{отр}$:

$$I = I_{пр} + I_{отр} = (P\Phi/S) + (4P/B),$$

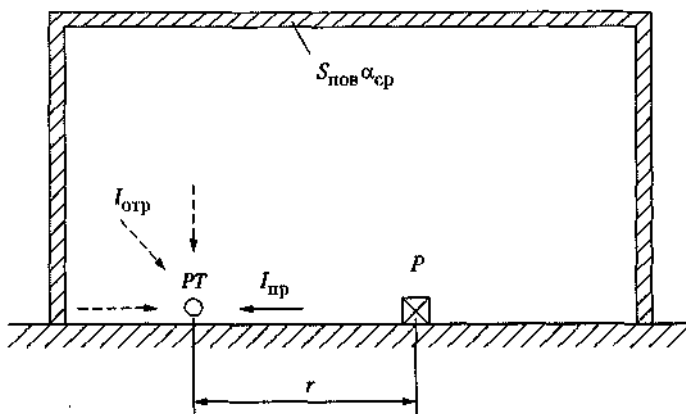


Рис. 5.5. Расчет уровня шума в помещении

где B - постоянная помещения, $B = A(1 - \alpha_{ср})$; A - эквивалентная площадь поглощения, $A = \alpha_{ср} S_n$; $\alpha_{ср}$ - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения площадью S_n . Коэффициент звукопоглощения $\alpha = I_{погл} / I_{пад}$, где $I_{погл}$ и $I_{пад}$ - соответственно интенсивность поглощенного и падающего звука. Величина $\alpha \leq 1$.

Вблизи источника шума его уровень определяется в основном прямым звуком, а при удалении от источника - отраженным. В производственных помещениях величина $\alpha_{ср}$ редко превышает 0,3-0,4. В этих случаях постоянная помещения B может быть без больших погрешностей принята равной эквивалентной площади звукопоглощения A , т.е. $B \approx A$.

Выражение для определения уровня звукового давления L_n в расчетной точке помещения в логарифмической форме имеет вид:

$$L_n = L_p + 10 \lg(\Phi/S + 4/B).$$

Если источник шума и расчетную точку разделяют какие-либо препятствия, например перегородки, кабины и т.п., то в эту формулу нужно добавить со знаком минус величину снижения уровня звуковой мощности.

Соотношение между уровнями звукового давления в расчетной точке для помещения и открытого пространства имеет вид:

$$L_n = L_{\text{сп}} + 10 \lg[1 + 4S/(B\Phi)] = L_{\text{оп}} + \Delta L_n,$$

где ΔL_n - добавка, обусловленная влиянием в расчетной точке отраженного звука. В зависимости от расположения расчетной точки и значения коэффициента $\alpha_{\text{ср}}$ эта добавка может достигать значений 15 дБ.

Инфразвук - звуковые колебания, не превышающие по частоте 20 Гц, т.е. нижнюю границу слухового восприятия человека.

Инфразвуковые колебания возникают в разнообразных условиях и могут быть обусловлены как природными явлениями, например обдуванием ветром зданий, металлических конструкций, так и работой различных машин и механизмов. Высокие уровни инфразвука возникают вблизи работающих виброплощадок, внутри салонов автомобилей, движущихся со скоростями порядка 100 км/ч. Существует множество природных источников инфразвука: извержение вулканов, смерчи, штормы. Известно, что перед землетрясением люди и особенно животные испытывают чувство беспокойства. Штормы также оказывают на людей негативное воздействие.

Инфразвук даже небольшой мощности действует болезненно на уши, заставляет колебаться внутренние органы, поэтому человеку кажется, что внутри него все вибрирует. Именно инфразвуки, по всей видимости, являются одной из главных причин тяжелой и непреходящей усталости жителей городов и работников шумных предприятий. Воздействие инфразвука может приводить к ощущению головокружения, вялости, потери равновесия, тошноты. Было установлено, что летчики и космонавты, подвергнутые действию инфразвука, решали простые арифметические задачи медленнее, чем обычно.

Можно выделить две наиболее опасные для человека зоны воздействия инфразвука, определяемые его уровнем и временем воздействия.

Первая зона - смертельное воздействие инфразвука при уровнях, превышающих 185 дБ с экспозицией свыше 10 мин.

Вторая зона - действие инфразвука с уровнями от 185 до 145 дБ - вызывает эффекты, явно опасные до человека.

Действие инфразвука с уровнями ниже 120 дБ, как правило, не приводит к каким-либо значительным последствиям.

Ультразвук находит широкое применение в медицине, машиностроении и металлургии. По способу распространения ультразвук подразделяют на *воздушный* и *контактный*. По частотному спектру ультразвук классифицируют на: низкочастотный - колебания $1,25 \cdot 10^4$ - $1,0 \cdot 10^5$ Гц и высокочастотный - свыше $1,0 \cdot 10^5$ Гц. В медицине применяют ультразвуковые исследования с частотой до $3 \cdot 10^6$ Гц.

Низкочастотные ультразвуковые колебания хорошо распространяются в воздухе. Биологический эффект воздействия их на организм зависит от интенсивности, длительности воздействия и размеров поверхности тела, подвергаемого действию ультразвука. Длительное систематическое влияние ультразвука, распространяющегося в воздухе, вызывает функциональные нарушения нервной, сердечнососудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. У работающих на ультразвуковых установках отмечают выраженную сосудистую гипотонию, снижение электрической активности сердца и мозга. Изменения ЦНС в начальной фазе проявляются нарушением рефлекторных функций мозга (чувство страха в темноте в ограниченном пространстве, резкие приступы с учащением пульса, чрезмерной потливостью, спазмы в желудке, кишечнике, желчном пузыре). Наиболее характерны жалобы на резкое утомление, головные боли и чувство давления в голове;

затруднения при концентрации внимания, торможение мыслительного процесса, бессонницу.

Контактное воздействие высокочастотного ультразвука на руки приводит к нарушению капиллярного кровообращения в кистях рук, снижению болевой чувствительности. Установлено, что ультразвуковые колебания могут вызвать изменения костной структуры с разрежением плотности костной ткани. При контактной передаче ультразвука на руки зарегистрированы профессиональные заболевания.

Неионизирующие электромагнитные поля и излучения. Электромагнитное взаимодействие характерно для заряженных частиц. Переносчиком энергии между такими частицами являются фотоны электромагнитного поля или излучения. Длина электромагнитной волны (λ) в воздухе связана с ее частотой f (Гц) соотношением $\lambda f = c$, где c - скорость света.

Электромагнитные поля и излучения разделяют на *неионизирующие*, в том числе лазерное излучение, и *ионизирующие*. Неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения (ЭМИ) имеют спектр колебаний с частотой до 10^{21} Гц.

Неионизирующие электромагнитные поля естественного происхождения являются постоянно действующим фактором. К ним относятся: атмосферное электричество, радиоизлучения Солнца и галактик, электрические и магнитные поля Земли.

В условиях техносферы действуют также неионизирующие техногенные источники электрических и магнитных полей и излучений. Их классификация приведена в табл. 5.6.

Применение техногенных ЭМП и ЭМИ различных частот систематизировано в табл. 5.7.

Основными источниками электромагнитных полей радиочастот являются радиотехнические объекты (РТО), телевизионные и радиолокационные станции (РЛС), термические цехи и участки (в зонах, примыкающих к предприятиям). ЭМП промышленной частоты чаще всего

связаны с высоковольтными линиями (ВЛ) электропередачи, источниками магнитных полей, применяемыми на промышленных предприятиях.

Зоны с повышенными уровнями ЭМП, источниками которых могут быть РТО и РЛС, имеют размеры до 100-150 м.

Таблица 5.6

Классификация неионизирующих техногенных излучений

		Показатель	
		диапазон частот	длина волны
Статическое поле	Электрическое	—	—
	Магнитное	—	—
Электромагнитное поле	Электромагнитное поле промышленной частоты	50 Гц	—
	Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)	От 10 кГц до 30 кГц	$30 \text{ км} < \lambda < 10 \text{ км}$
		От 30 кГц до 3 МГц	$100 \text{ м} < \lambda < 10 \text{ км}$
		От 3 МГц до 30 МГц	$10 \text{ м} < \lambda < 100 \text{ м}$
		От 30 МГц до 50 МГц	$6 \text{ м} < \lambda < 10 \text{ м}$
		От 50 МГц до 300 МГц	$1 \text{ м} < \lambda < 6 \text{ м}$
		От 300 МГц до 300 ГГц	$1 \text{ мм} < \lambda < 1 \text{ м}$

При этом внутри зданий, расположенных в этих зонах, плотность потока энергии, как правило, превышает допустимые значения.

Значительную опасность представляют магнитные поля, возникающие в зонах, прилегающих к электрифицированным железным дорогам. Магнитные поля высокой интенсивности обнаруживаются даже в зданиях, расположенных в непосредственной близости от этих зон.

В быту источниками ЭМП и излучений являются телевизоры, дисплеи, печи СВЧ и другие устройства. Электростатические поля в условиях пониженной влажности (менее 70%) создают паласы, накидки, занавески и т.д.

Таблица 5.7

Применение электромагнитных полей и излучений

Частота ЭМП и ЭМИ	Технологический процесс, установка, отрасль
> 0 до 300 Гц	Электроприборы, в том числе бытового назначения, высоковольтные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, радиосвязь, научные исследования, специальная связь
0,3–3 кГц	Радиосвязь электропередачи, индукционный нагрев металла, физиотерапия
3–30 кГц	Сверхдлинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металла (закалка, плавка пайка), физиотерапия, УЗ-установки
30–300 кГц	Радионавигация, связь с морскими и воздушными судами, длинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металлов, электрокоррозионная обработка, ВДТ, УЗ-установки
0,3–3 МГц	Радиосвязь и радиовещание, радионавигация, индукционный и диэлектрический нагрев материалов, медицина
3–30 МГц	Радиосвязь и радиовещание, диэлектрический нагрев, медицина, нагрев плазмы
30–300 МГц	Радиосвязь, телевидение, медицина (физиотерапия, онкология), диэлектрический нагрев материалов, нагрев плазмы
0,3–3 ГГц	Радиолокация, радионавигация, радиотелефонная связь, телевидение, микроволновые печи, физиотерапия, нагрев и диагностика плазмы
3–30 ГГц	Радиолокация и спутниковая связь, метеолокация, радиорелейная связь, нагрев и диагностика плазмы, радиоспектроскопия
30–300 ГГц	Радары, спутниковая связь, радиометеорология, медицина (физиотерапия, онкология)

Микроволновые печи в промышленном исполнении не представляют опасности, однако неисправность их защитных экранов может существенно повысить утечки электромагнитного излучения. Экраны телевизоров и дисплеев как источники электромагнитного излучения в быту не опасны даже при длительном воздействии на человека, если расстояния от экрана превышают 30 см.

Электростатическое поле (ЭСП) полностью характеризуется напряженностью электрического поля E (В/м). Постоянное магнитное поле (ПМП) характеризуется напряженностью магнитного поля H (А/м), при этом в воздухе $1 \text{ А/м} \sim 1,25 \text{ мкТл}$, где Тл - тесла (единица напряженности магнитного поля).

Электромагнитное поле (ЭМП) характеризуется непрерывным распределением в пространстве, способностью распространяться со скоростью света, воздействовать на заряженные частицы и токи. ЭМП является совокупностью двух взаимосвязанных переменных полей - электрического и магнитного, которые характеризуются соответствующими векторами напряженности E (В/м) и H (А/м).

В зависимости от взаимного расположения источника электромагнитного излучения и места пребывания человека необходимо различать ближнюю зону (зону индукции), промежуточную зону и дальнюю зону (волновую зону) или зону излучения. При излучении от источников (рис. 5.6) ближняя зона простирается на расстояние $\lambda/2\pi$, т.е. приблизительно на $1/6$ длины волны. Дальняя зона начинается с расстояний, равных $\lambda \cdot 2\pi$, т.е. с расстояний, равных приблизительно шести длинам волны. Между этими двумя зонами располагается промежуточная зона.

В зоне индукции, в которой еще не сформировалась бегущая электромагнитная волна, электрическое и магнитное поля следует считать независимыми друг от друга, поэтому эту зону можно характеризовать электрической и магнитной составляющими электромагнитного поля. Соотношение между ними в этой зоне может быть самым различным. Для промежуточной зоны характерно наличие, как поля индукции, так и распространяющейся электромагнитной волны. Для волновой зоны (зоны излучения) характерно наличие сформированного ЭМП, распространяющегося в виде бегущей электромагнитной волны.

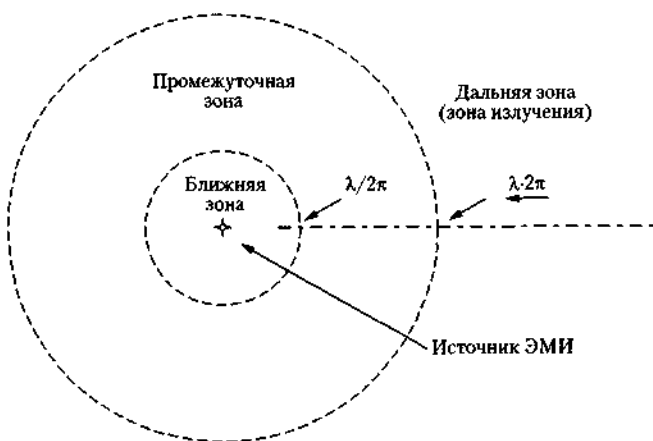


Рис. 5.6. Зоны, возникающие вокруг элементарного источника ЭМИ

В этой зоне электрическая и магнитная составляющие изменяются синфазно и между их средними значениями за период существует постоянное соотношение:

$$E = \rho_v H,$$

где ρ_v - волновое сопротивление, Ом; $\rho_v = \sqrt{\mu/\varepsilon}$, ε - электрическая постоянная; μ - магнитная проницаемость среды. Колебания векторов E и H происходят во взаимно перпендикулярных плоскостях. В волновой зоне воздействие ЭМП определяется плотностью потока энергии, переносимой электромагнитной волной. При распространении электромагнитной волны в проводящей среде векторы E и H связаны соотношением:

$$E = H \sqrt{\frac{\omega \mu}{\nu}} e^{-kz},$$

где ω - круговая частота электромагнитных колебаний, Гц; ν - удельная электропроводность вещества экрана; z - глубина проникновения электромагнитного поля.

При распространении ЭМП в вакууме или в воздухе, где $\rho_v = 377 \text{ Ом}$, $E = 377 \text{ Н}$. Электромагнитное поле несет энергию, определяемую плотностью потока энергии ($1 = EH \text{ (Вт/м}^2\text{)}$), которая показывает, какое количество энергии протекает за 1 с сквозь площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно движению волны.

При излучении сферических волн плотность потока энергии в волновой зоне может быть выражена через мощность $P_{\text{ист}}$, подводимую к излучателю:

$$I = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi R^2},$$

где R - расстояние до источника излучения, м.

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряженностей электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, наличия сопутствующих факторов, режима облучения, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма. Установлено также, что относительная биологическая активность импульсных излучений выше непрерывных. Опасность воздействия усугубляется тем, что оно не обнаруживается органами чувств человека.

Воздействие электростатического поля (ЭСП) на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). При этом электротравм никогда не наблюдается. Однако вследствие рефлекторной реакции на электрический ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падение с высоты и т.д. Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю ЦНС, сердечнососудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушения сна и др.

Воздействие магнитных полей (МП) может быть постоянным (от искусственных магнитных материалов) и

импульсным. Степень воздействия МП на работающих зависит от его максимальной напряженности в пространстве магнитного устройства или в зоне влияния искусственного магнита. Доза, полученная человеком, зависит от расположения по отношению к МП и режима труда. При действии переменного магнитного поля наблюдаются характерные зрительные ощущения, которые исчезают в момент прекращения воздействия. При постоянной работе в условиях хронического воздействия МП, превышающих предельно допустимые уровни, наблюдаются нарушения функций ЦНС, сердечнососудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в крови. Длительное действие приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца.

При постоянном воздействии ЭМП промышленной частоты наблюдаются нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений. У работающих в зоне ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения ЦНС и сердечнососудистой системы, а также изменения в составе крови.

При воздействии ЭМП радиочастотного диапазона атомы и молекулы, из которых состоит тело человека, поляризуются. Полярные молекулы (например, воды) ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля; в электролитах, которыми являются жидкие составляющие тканей, крови и т.п., после воздействия внешнего поля появляются ионные токи. Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей человека как за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилия, хрящи и т.д.), так и за счет появления токов проводимости. Тепловой эффект является следствием поглощения энергии электромагнитного поля. Чем

больше напряженность поля и время воздействия, тем сильнее проявляются указанные эффекты. Избыточная теплота отводится до известного предела путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. Однако, начиная с величины $I = 10$ мВт/см², называемой тепловым порогом, организм не справляется с отводом образующейся теплоты, и температура тела повышается, что приносит вред здоровью.

Наиболее интенсивно электромагнитные поля воздействуют на органы с большим содержанием воды. При одинаковых значениях напряженности поля коэффициент поглощения в тканях с высоким содержанием воды примерно в 60 раз выше, чем в тканях с ее низким содержанием. С увеличением длины волны глубина проникновения электромагнитных волн возрастает; различие диэлектрических свойств тканей приводит к неравномерности их нагрева, возникновению макро- и микротепловых эффектов со значительным перепадом температур.

Перегрев особенно вреден для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), которое обнаруживается не сразу, а через несколько дней или недель после облучения. Развитие катаракты является одним из немногих специфических поражений, вызываемых электромагнитными излучениями радиочастот в диапазоне 300 МГц - 300 ГГц при плотности потока энергии свыше 10 мВт/см². Помимо катаракты при воздействии ЭМП возможны ожоги роговицы.

Для длительного действия ЭМП различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС с нерезко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов и состава крови. В связи с этим могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, снижение

частоты пульса, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМП происходит стойкое снижение работоспособности. В пределах радиоволнового диапазона доказана наибольшая биологическая активность микроволнового (СВЧ) поля. Острые нарушения при воздействии ЭМИ (аварийные ситуации) сопровождаются сердечнососудистыми расстройствами с обмороками, резким учащением пульса и снижением артериального давления.

Лазерное излучение. В промышленности, медицине, в научных исследованиях, системах мониторинга состояния окружающей среды нашли применение лазеры. Их излучение может оказывать опасное воздействие на организм человека и в первую очередь на орган зрения. Лазерное излучение (ЛИ) генерируется в инфракрасной, световой и ультрафиолетовой областях неионизирующего ЭМИ.

Лазеры, генерирующие непрерывное излучение, позволяют создавать интенсивность порядка 10^{10} Вт/см², что достаточно для плавления и испарения любого материала. При генерации коротких импульсов интенсивность излучения достигает величин порядка 10^{15} Вт/см² и больше. Для сравнения отметим, что значение интенсивности солнечного света вблизи земной поверхности составляет всего 0,1-0,2 Вт/см².

В настоящее время в промышленности используется ограниченное число типов лазеров. Это в основном лазеры, генерирующие излучение в видимом диапазоне спектра ($\lambda = 0,44-0,59$; $\lambda = 0,63$; $\lambda = 0,69$ мкм), ближнем ИК-диапазоне спектра ($\lambda = 1,06$ мкм) и дальнем ИК-диапазоне спектра ($\lambda = 10,6$ мкм).

Области применения лазеров в зависимости от требуемой плотности потока излучения показаны на рис. 5.7.

При оценке неблагоприятного влияния лазеров все опасности разделяют на первичные и вторичные. К первичным относят факторы, источником образования которых является непосредственно сама лазерная установка. Вторичные факторы возникают в результате взаимодействия лазерного излучения с мишенью.

К первичным факторам вредности относятся: лазерное излучение, повышенное электрическое напряжение, световое излучение импульсных ламп накачки или газового разряда, электромагнитное излучение, акустические шумы и вибрация от работы вспомогательного оборудования, загрязнение воздуха газами, выделяющимися из узлов установки, рентгеновское излучение электроионизационных лазеров или электровакуумных приборов, работающих при напряжении свыше 15 кВ.

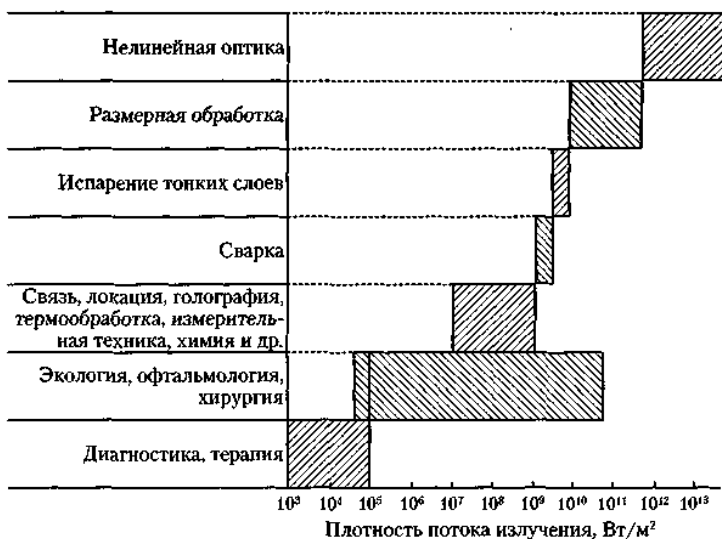


Рис. 5.7. Области применения лазеров в зависимости от требуемой плотности потока излучения

Вторичные факторы включают отраженное лазерное излучение, аэродисперсные системы и акустические шумы, образующиеся при взаимодействии лазерного излучения с мишенью, излучение плазменного факела.

Лазерное излучение может представлять опасность для человека, вызывая в его организме патологические изменения, функциональные расстройства органа зрения, центральной нервной и вегетативной систем, а также влияя на внутренние органы, такие как печень, спинной мозг и др. Наибольшую опасность лазерное излучение представляет для органа зрения. Основным патофизиологическим эффектом облучения тканей лазерным излучением является поверхностный ожог, степень которого связана с пространственно-энергетическими и временными характеристиками излучения.

При создании условий для безопасной эксплуатации лазеров прежде всего необходимо расчетом определить лазерно-опасную зону (ЛОЗ) - пространство, в пределах которого уровни лазерного излучения могут превышать предельно допустимые значения, а также основные принципы защиты от излучения и общие требования к организации рабочих мест, методам контроля и дозиметрической аппаратуре ЛОЗ.

Схема расчета облученности роговицы представлена на рис. 5.8.

При прямом облучении для наблюдателя, находящегося непосредственно в конусе узконаправленного лазерного луча (рис. 5.8, *а*), облученность роговицы глаза вычисляется по формуле:

$$E_p = \frac{4\Phi_e k_1}{\pi(d_0 + 2R\gamma)^2},$$

где Φ_e - энергетический поток (мощность) лазерного излучения; k_1 - коэффициент ослабления излучения на пути от лазера до роговицы глаза; d_0 - диаметр выходного зрачка лазера; γ - угол расходимости луча, рад; R - расстояние от лазера до глаза.

При воздействии на роговицу глаза излучения лазера, отраженного от поверхности (рис. 5.8, б), расположенной на расстоянии R_1 от выходного отверстия лазера, расчет ведут с учетом отражения. Облученность роговицы глаза наблюдателя E_p , находящегося на расстоянии R от поверхности q , значительно превышающем линейные размеры источника, равна произведению энергетической яркости источника на величину телесного угла, под которым он виден из точки наблюдения, а именно

$$E_p = L_e k_{\text{ср}} \frac{S_q \cos \theta}{R^2},$$

где $k_{\text{ср}}$ - коэффициент ослабления излучения на пути от поверхности q до наблюдателя

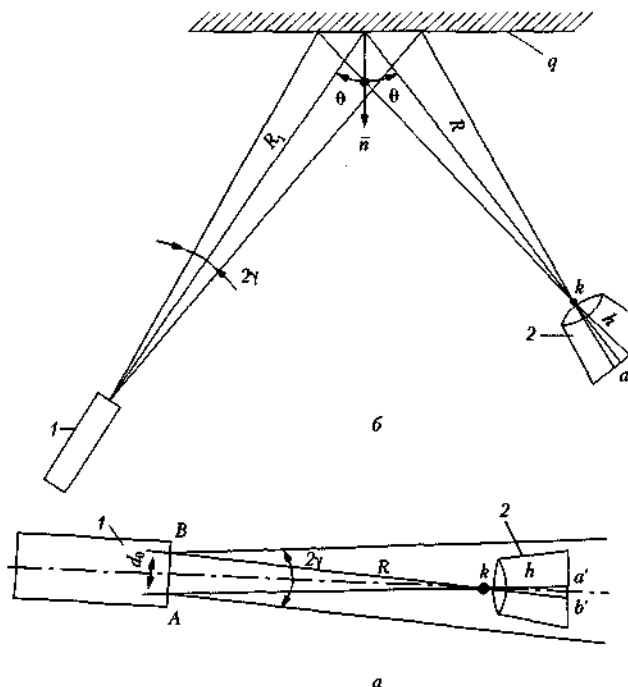


Рис. 5.8. Схема расчета облученности глаза:

a - для прямого пучка; b - для отраженного излучения; 1 - лазер; 2 - глаз

Поверхность как источник излучения удобно характеризовать энергетической яркостью L_e и площадью пятна излучения S_q . При диффузном отражении энергетическая яркость источника связана с энергетическим потоком лазерного излучения соотношением

$$L_e = \frac{4\Phi_e k_1 \rho \cos \Theta_1}{\pi^2 (d_0 + 2R_1)^2},$$

где ρ - коэффициент отражения.

Из анализа приведенных выше соотношений следует, что облученность глаза лазерным источником прямо пропорциональна мощности лазера и обратно пропорциональна квадрату расстояния до облучаемой поверхности.

Облученность кожных покровов численно равна облученности роговицы глаза. При вычислении уровней облученности органа зрения и кожных покровов в производственных условиях, где расстояния не превышают десятков метров, значения коэффициентов k_1 и k_{cp} можно принять равными единице. Приведенные формулы позволяют связать лучевые нагрузки на различные биологические ткани с энергетической характеристикой источника излучения.

Воздействия лазерного излучения на глаза. Сравнительно легкая повреждаемость роговицы и хрусталика глаза при воздействии электромагнитных излучений самых различных длин волн, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона на глазном дне на несколько порядков по отношению к роговице делает его наиболее уязвимым органом. Степень повреждения глаза главным образом зависит от таких физических параметров, как время облучения, плотность потока энергии, длина волны и вид излучения (импульсное или непрерывное), а также индивидуальных особенностей глаза.

Воздействие ультрафиолетового излучения на орган зрения в основном приводит к поражению роговицы. Поверхностные ожоги роговицы лазерным излучением с длиной волны в

пределах ультрафиолетовой области спектра устраняются в процессе самозаживления.

Для лазерного излучения с длиной волны 0,4-1,4 мкм критическим элементом органа зрения является сетчатка. Она обладает высокой чувствительностью к электромагнитным волнам видимой области спектра и характеризуется большим коэффициентом поглощения электромагнитных волн видимой, инфракрасной и ближней ультрафиолетовой областей.

Повреждение глаза может варьировать от слабых ожогов сетчатки, сопровождающихся незначительными или полностью отсутствующими изменениями зрительной функции, до серьезных травм, приводящих к ухудшению зрения и даже к полной его потере. Излучения с длинами волн более 1,4 мкм практически полностью поглощаются в стекловидном теле и водянистой влаге передней камеры глаза. При умеренных повреждениях эти среды глаза способны самовосстанавливаться. Лазерное же излучение средней инфракрасной области спектра может причинить тяжелое тепловое повреждение роговице.

В заключение отметим, что лазерное излучение оказывает повреждающее действие на все структуры органа зрения. Основной механизм повреждений - тепловое действие. Импульсное лазерное излучение представляет большую опасность, чем непрерывное.

Воздействие лазерного излучения на кожу. Повреждения кожи, вызванные лазерным излучением, могут быть различными: от легкого покраснения до поверхностного обугливания и образования глубоких дефектов кожи. Эффект воздействия на кожные покровы определяется параметрами излучения лазера и степенью пигментации кожи.

Пороговые уровни энергии излучения, при которых возникают видимые изменения в коже, колеблются в сравнительно широких пределах (от 15 до 50 Дж/см²).

Биологические эффекты, возникающие при облучении кожи в зависимости от длины волны, приведены в табл. 5.8.

Действие лазерного излучения на внутренние органы. Лазерное излучение (особенно дальней инфракрасной области спектра) способно проникать через ткани тела и взаимодействовать с биологическими структурами на значительной глубине, поражая внутренние органы.

Наибольшую опасность для внутренних органов представляет сфокусированное лазерное излучение. Степень повреждения внутренних органов в значительной мере определяется интенсивностью потока излучения и цветом окраски органа. Так, печень является одним из наиболее уязвимых внутренних органов. Тяжесть повреждения внутренних органов также зависит от длины волны падающего излучения. Наибольшую опасность представляют излучения с длинами волн, близкими к спектру поглощения химических связей органических молекул, входящих в состав биологических тканей.

Таблица 5.8

**Биологические эффекты,
возникающие при облучении кожи лазером**

Ультрафиолетовая область	Различные фотохимические реакции, эритема, разрыв химических связей у большинства молекул, входящих в состав живой ткани, различные перерождения, стимулирование появления новообразований, образование свободных радикалов, действие на внутренние органы
Видимая область	В основном термическое действие
Инфракрасная область	Выраженные деструктивные изменения термического характера (ожоги различной степени), поражение внутренних органов

Кроме лазерного излучения персонал, занимающийся эксплуатацией лазерной техники, может подвергнуться воздействию интенсивного светового и ультрафиолетового излучения, источником которого являются лампы вспышки, газоразрядные трубки и плазменный факел. Излучение

незащищенных ламп накачки весьма вредно для глаз. Воздействие излучения ламп накачки возможно при их разэкранировании, главным образом, при наладке и в случае самопроизвольного разряда.

При эксплуатации лазерных установок следует учитывать и другие опасные факторы, к которым относятся: повышенное напряжение в электрической цепи, акустический шум, вибрации, вредные вещества. При эксплуатации лазеров необходимо также предусмотреть возможность взрывов и пожаров при попадании лазерного излучения на горючие материалы. В табл. 5.9 приведены основные опасные факторы, возникающие при эксплуатации лазерных установок.

Таблица 5.9

Опасности, возникающие при эксплуатации лазерных установок, и источники их возникновения

Опасности	Источник возникновения опасности
Лазерное излучение: • прямое (зеркально отраженное); • диффузно отраженное	Резонатор лазера, зеркала, оптическая система, мишень при воздействии лазерного излучения
Напряжение в электрической цепи	Цепи управления и источники электропитания лазера
Вредные вещества	Мишень при воздействии лазерного излучения, системы охлаждения
УФ-излучение и инфракрасная радиация	Мишень при воздействии лазерного излучения и газоразрядные трубки
Шум и вибрация	Мишень при воздействии лазерного излучения, вспомогательное оборудование

Зоны опасного влияния современных лазерных установок обычно ограничены размерами производственного помещения.

Ионизирующие излучения. Радиация имеет естественное и техногенное происхождение. Чтобы оценить уровень опасности, которую может представлять радиация, рассмотрим свойства ионизирующих излучений и механизмы взаимодействия их с веществом.

Самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра другого типа, сопровождающееся испусканием частиц или гамма-квантов, называется *радиоактивностью*. Известны четыре типа радиоактивности: альфа-распад; бета-распад; спонтанное деление ядер; протонная радиоактивность.

Испускаемые в процессе ядерных превращений альфа- и бета-частицы, нейтроны и другие элементарные частицы, а также гамма-излучение представляют собой ионизирующие излучения, которые в процессе взаимодействия со средой производят ионизацию и возбуждение ее атомов и молекул. При этом примерно половина переданной ионизирующим излучением веществу энергии расходуется на ионизацию и половина на возбуждение. На каждый акт ионизации и возбуждения в воздухе в среднем расходуется 34-35 эВ энергии. Электронвольт (эВ) - единица энергии, используемая в атомной физике, равная кинетической энергии электрона, приобретаемой им при прохождении разности потенциалов, равной 1 В.

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг.}$$

Заряженные частицы по мере прохождения через вещество теряют свою энергию малыми порциями, растрачивая ее на ионизацию и возбуждение атомов и молекул среды. Оба эти процесса всегда сопутствуют друг другу. Чем больше масса и заряд частицы, тем более интенсивно происходит передача энергии среде, т.е. тем больше число пар ионов образуется на единице пути и, следовательно, меньше ее пробег в веществе (рис. 5.9). Длина пробега в воздухе альфа-частиц, испускаемых радионуклидами, энергия которых лежит в пределе 4-9 мэВ, составляет 3-9 см.

Что же касается бета-частиц (электронов и позитронов), заряд которых в два раза, а масса более чем в 7000 раз меньше, чем у альфа-частицы, то их пробег в воздухе примерно в 1000 раз больше. В мягкой биологической ткани пробеги альфа-частиц составляют несколько десятков микрометров, а бета-

частиц - 0,02 и 1,9 см соответственно для углерода-14 и калия-42.

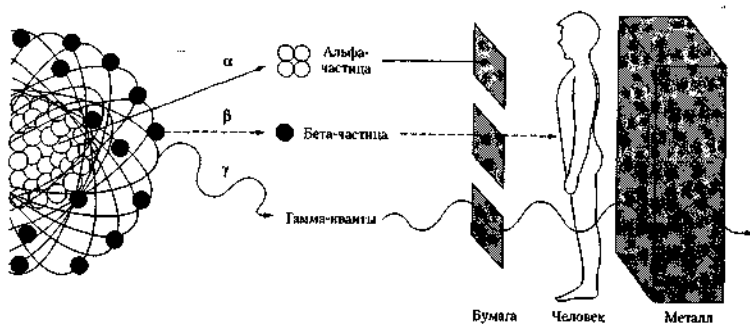


Рис. 5.9. Три вида ионизирующих излучений и их проникающая способность

Несколько по-иному происходит взаимодействие с веществом у гамма-излучения (поток фотонов) и нейтронов, которые не обладают зарядами и поэтому непосредственно ионизации не производят. В процессе прохождения через вещество фотон взаимодействует в основном с электронами атомов и молекул среды. При этом в каждом акте взаимодействия фотон передает электрону часть или всю свою энергию. В результате образуются так называемые вторичные электроны, которые в последующих процессах взаимодействия производят ионизацию и возбуждение. Таким образом, в случае гамма-излучения ионизация происходит не в первичных актах взаимодействия, как у альфа- и бета-частиц, а как результат передачи энергии вторичным частицам (электронам), которые растрачивают ее затем на ионизацию и возбуждение.

Для оценки радиационной обстановки, формируемой рентгеновским или гамма-излучением, используется внесистемная единица рентген. Рентген (Р) - это единица экспозиционной дозы рентгеновского или гамма-излучения, которая определяет ионизирующую способность в воздухе:

$$1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

При дозе 1 Р в 1 см³ воздуха образуется $2,082 \cdot 10^9$ пар ионов или в 1 г воздуха - $1,61 \cdot 10^{12}$ пар ионов.

На практике обычно радиационная обстановка измеряется в единицах мощности экспозиционной дозы - миллирентген в час (мР/ч) или микрорентген в секунду (мкР/с).

В качестве характеристик меры воздействия ионизирующего излучения на вещество используется величина D - *поглощенная дозы*. Она характеризует поглощенную энергию ионизирующего излучения в единице массы вещества:

$$D = \frac{dE}{dm},$$

где dE - средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме; dm - масса вещества в этом объеме.

Единицей поглощенной дозы Международной системой (СИ) установлен грей (Гр); 1 Гр соответствует поглощению 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества 1 кг, т.е. 1 Гр = 1 Дж/кг. Иногда используется внесистемная единица поглощенной дозы - рад; 1 Гр = 100 рад или 1 рад = 0,01 Гр.

Поглощенная доза является основной величиной, измеряющей не излучение, а его воздействие на вещество. Однако поглощенная доза не может служить мерой, характеризующей уровень биологического действия ионизирующего излучения на живой организм, который зависит не только от величины поглощенной энергии, но и целого ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения поглощенной дозы в организме и т.д.).

Для оценки радиационной опасности, когда реализуются малые дозы излучения, введена *эквивалентная доза* $H_{T,R}$ как мера выраженности эффекта облучения, равная произведению поглощенной в органе или ткани дозы $D_{T,R}$ на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения W_r :

$$H_{T,R} = D_{T,R} W_R.$$

Единицей эквивалентной дозы Международной системой единиц (СИ) установлен зиверт (Зв). Один зиверт равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани на взвешивающий коэффициент равно 1 Дж/кг. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада): 1 бэр = 0,01 Зв или 1 Зв = 100 бэр.

Взвешивающие коэффициенты учитывают относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов. В настоящее время приняты следующие усредненные взвешивающие коэффициенты W_R :

- фотоны любых энергий - 1;
- электроны и мюоны любых энергий - 1: менее 10 кэВ - 5; от 10 кэВ до 100 кэВ - 10; от 100 кэВ до 2 мэВ - 20; от 2 мэВ до 20 мэВ - 10; более 20 мэВ - 5;
- протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи, - 5;
- альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра - 20.

Это значит, что биологическая эффективность быстрых нейтронов в 10 раз, а альфа-излучения в 20 раз больше, чем бета-частиц и гамма-излучения. Следовательно, радиационный эффект (возможный ущерб здоровью), соответствующий эквивалентной дозе, равной 1 Зв, будет реализован при поглощенной дозе равной 1 Гр для бета-частиц и гамма-излучения ($W_R = 1$); 0,1 Гр - для быстрых нейтронов ($W_R = 10$); 0,05 Гр - для альфа-частиц ($W_R = 20$).

Эквивалентная доза - основная дозиметрическая величина в области радиационной безопасности, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения произвольного состава. Эквивалентная доза может быть использована и при кратковременном воздействии, когда ее значение не превышает 0,5 Зв (50 бэр).

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза H_T определяется как сумма эквивалентных доз для R видов излучения.

$$H_T = \sum_R H_{T,R}.$$

В ряде случаев облучению подвергается не все тело, а один или несколько органов. Такая ситуация чаще всего реализуется при внутреннем облучении, т.е. при поступлении радионуклидов в организм с вдыхаемым воздухом или пищевыми продуктами. Радионуклид, как и неактивный нуклид данного химического элемента, накапливается в том или ином органе. В частности, радионуклиды йода поступают преимущественно в щитовидную железу, радия и стронция - в костную ткань, полония - в печень, селезенку, почки и т.д.

Поскольку органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки риска возникновения отдаленных последствий при облучении всего организма или отдельных органов используется понятие *эффективной эквивалентной дозы (E)*. Единица этой дозы - зиверт (Зв). Она, так же как и эквивалентная доза, применима только для хронического облучения в малых дозах и является мерой оценки ущерба для здоровья по выходу отдаленных последствий.

По определению:

$$E = \sum_R H_T W_T,$$

где H_T - эквивалентная доза в органе или ткани T , а W_T - взвешивающий коэффициент для органа или ткани T , который характеризует относительный риск на единицу дозы по выходу отдаленных последствий при облучении данного органа по отношению к облучению всего тела.

При облучении, например, только щитовидной железы ($W_R = 0,05$) эффект по отдаленным последствиям будет составлять всего 5% от того эффекта, который может быть реализован при облучении всего тела.

При экспозиционной дозе в 1 Р эквивалентную дозу с достаточной степенью точности можно принять равной 0,013 Зв. Например, если измеренная мощность дозы на местности равна 10 мР/ч, а человек в течение одного часа находится в месте измерения, то уровень облучения составит примерно 0,1 мЗв.

Кроме рассмотренных выше доз ионизирующего облучения, рассматривается *эффективная эквивалентная годовая доза*, равная сумме эффективной эквивалентной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной эквивалентной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Эффективная эквивалентная годовая доза также измеряется в зивертах.

Рассмотренные выше понятия описывают только индивидуально получаемые дозы. В случае облучения больших групп людей дают оценку суммарного ожидаемого эффекта.

При облучении малыми дозами, незначительно превышающими естественный радиационный фон, можно ожидать лишь отдаленных последствий генетической или соматической природы. Соматические эффекты проявляются непосредственно у облученных лиц, генетические - в последующих поколениях. Мерой коллективного риска возникновения эффектов облучения является *эффективная эквивалентная коллективная доза*, которая определяется как сумма индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной эквивалентной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв). Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся радиоактивными и в отдаленном будущем, т.е. их воздействию подвергнутся современные и последующие поколения. Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают многие поколения от какого-либо радиоактивного источника за все время его

дальнейшего существования, называют *ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой*.

Техногенная составляющая радиационного фона образуется и зависит от величины рассеянных в почве, воде, воздухе и других объектах внешней среды техногенных источников радиоактивных загрязнений, образовавшихся при ядерных взрывах, работе предприятий ядерно-топливного и ядерно-оружейного циклов, возникновении радиационно-опасных аварий на предприятиях и транспорте, при использовании радиационных технологий и методов в науке, промышленности и медицине, а также при обращении с радиоактивными отходами.

Наибольшую опасность при работе предприятий ядерно-топливного цикла представляют радионуклиды, имеющие большой период полураспада и способные быстро распространяться в окружающей среде. К таким в первую очередь относятся I^{129} , Ra^{226} , который выделяется из хвостов руд.

Из отходов АЭС наибольшую опасность представляют высокоактивные отходы, к которым относятся в первую очередь отработанные топливные элементы или отвержденные продукты переработки ядерного горючего. Для них характерна высокая удельная активность и высокое тепловыделение, составляющее:

- радон из хвостохранилищ заводов - 2800 чел.-Зв/ГВт;
- углерод-14 - 110чел.-Зв/ГВт;
- высокоактивные отходы - 30 чел.-Зв/ГВт;
- йод-129 - 28 чел.-Зв/ГВт.

Проведенные международные оценки свидетельствуют, что дозы техногенного облучения каждого индивидуума в течение жизни не превышают 1% годовой дозы за счет естественного радиационного фона. Это справедливо и в условиях предполагаемого производства электроэнергии на АЭС порядка 10 000 гВт в год при безаварийной эксплуатации.

К другим основным причинам, оказывающим влияние на изменение техногенной составляющей радиационного фона, условно можно отнести облучение при применении медицинских процедур, радиоизотопных методов неразрушающего технологического контроля и другие причины попадания в окружающую среду искусственных и естественных радионуклидов. В табл. 5.10 приведены средние значения годовой дозы облучения от некоторых техногенных источников излучения.

Таблица 5.10

Средние значения годовой дозы облучения от некоторых техногенных источников излучения

Техногенный источник излучения	Доза, мкЗв/год
Медицинские процедуры	400–700 (для Российской Федерации – 1500)
ТЭС (в радиусе 20 км)	5,3
АЭС (в радиусе 10 км)	1,36
Радиоактивные осадки (главным образом последствия испытаний атомного оружия в атмосфере)	75–200
Телевизоры, дисплеи	4–5 при расстоянии 1–2 м*
Керамика, стекло	10

При медицинских процедурах основную дозу облучения население получает при рентгеновских исследованиях. Получаемая при их проведении эффективная эквивалентная доза (~1,5 мЗв) выше, чем при проведении иных диагностических методов медицинского обследования с использованием радиоизотопных методов (10–15%).

Уровень радиоактивности в жилом помещении зависит от строительных материалов: в кирпичном, железобетонном, шлакоблочном доме он всегда несколько выше, чем в деревянном. Газовая плита приносит в дом не только токсичные продукты горения бытового газа, но и радиоактивные газы (радон). Поэтому уровень

радиоактивности на кухне может существенно превосходить фоновый при работающей газовой плите.

В закрытом, непрветриваемом помещении человек может подвергаться воздействию радона, который непрерывно высвобождается из земной коры. Поступая через фундамент, пол, из воды или иным путем, радон накапливается в изолированном помещении. Средние концентрации радона обычно составляют (кБк/м³): в ванной комнате 8,5, на кухне 3, в спальне 0,2.

Концентрация радона на верхних этажах зданий обычно ниже, чем на первом этаже. Избавиться от избытка радона можно проветриванием помещения.

В настоящее время эффективная доза, обусловленная естественными и техногенными источниками радиации, составляет в России ~ 4,21 мЗв в год. Структура коллективных доз облучения населения Российской Федерации представлена в табл. 5.11.

Таблица 5.11

**Структура коллективных доз облучения населения
Российской Федерации**

Компоненты дозы	Вклад в коллективную дозу, %
Медицинские источники	15,3
Природные источники	84,4
Техногенный фон	0,26
Эксплуатация источников ионизирующего излучения	0,04

Действие ионизирующих излучений на человека носит сложный характер. При однократном равномерном облучении всего тела в дозе 0,5 Зв детерминированные эффекты практически не наблюдаются, т.е. их нельзя обнаружить современными методами. Значения дозовых порогов для некоторых детерминированных эффектов облучения приведены в табл. 5.12.

Таблица 5.12

**Дозовые пороги возникновения некоторых
детерминированных эффектов облучения человека**

Состояние	При кратко- временном облучении, Зв	При хроническом многолетнем облучении, Зв/год
Легкое угнетение кроветворения (легкая лейкоцитопения, нарушение иммунитета)	0,15	0,40
Временная стерильность мужчин	0,15	0,40
Постоянная стерильность мужчин	3,5—6,00	2,00
Постоянная стерильность женщин	2,5—6,00	0,2 (до суммарной дозы > 6,00 Зв)
Помутнение хрусталика глаза с ухудшением зрения (катаракта)	5,00	0,15 (до суммарной дозы > 8,00 Зв и более)

Различные формы лучевой болезни развиваются при поглощенных дозах выше 1 Гр. В табл. 5.13 приведены значения поглощенных доз, при которых возникают острые лучевые поражения человека. Крайне тяжелая форма острой лучевой болезни, приводящая к смертельному исходу в 100% случаев, наблюдается при дозе, превышающей 6 Гр.

Таблица 5.13

Дозы, вызывающие острые лучевые поражения человека

Лучевое поражение	Доза, Гр
Легкая степень острой лучевой болезни	1—2
Тяжелая лучевая болезнь, гибель в 50% случаев	4—6
Кишечная форма лучевой болезни	> 10
Нервная форма лучевой болезни	> 80
Местные поражения:	
эритема кожи (первичная, вторичная)	8—10
пузырьки, трофические язвы	12—20

Причиной смерти чаще всего являются поражение клеток костного мозга и внутренние кровоизлияния.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС с острой формой лучевой болезни различной степени тяжести было госпитализировано 237 человек, уровни облучения у которых варьировали в диапазоне 1-16 Гр. Из них не удалось спасти 29 человек, в основном вследствие тотальных ожогов кожи (до 90% поверхности тела). Остальные пострадавшие были выписаны из клиники в удовлетворительном состоянии, причем только 16 человек в настоящее время не работают.

Картина лучевой болезни различной степени тяжести в зависимости от дозы относится к случаю однократного облучения всего тела. Если же облучение в этой дозе произвести не однократно, а растянуть по времени, то эффект облучения будет снижен. Это связано с тем, что живые организмы, в том числе и человек, способны восстанавливать нормальную жизнедеятельность после тех или иных ее нарушений.

В случае систематически повторяющегося облучения в дозах, не вызывающих острой лучевой болезни, но значительно больших предельно допустимых, может развиваться хроническая лучевая болезнь. Наиболее характерными признаками хронической лучевой болезни являются изменения в составе крови (уменьшение числа лейкоцитов, малокровие) и ряд симптомов со стороны нервной системы.

Согласно установленным радиобиологическим данным, реакция организма на облучение может проявиться и в отдаленные сроки (через 10-20 лет). Такими реакциями могут явиться лейкозы, злокачественные опухоли органов и тканей, катаракты, поражения кожи, старение, ведущее к преждевременной смерти, не связанное с какой-либо определенной причиной.

5.2. Постоянные региональные и глобальные опасности. Отходы промышленности, сельского хозяйства и средств транспорта оказывают значительное негативное

влияние на все компоненты природной среды - биоту: атмосферу, гидросферу и литосферу. Под воздействием отходов загрязняются воздух, вода, почва, разрушаются и гибнут флора и фауна, при этом в природе возникают масштабные, не свойственные ей негативные явления и процессы.

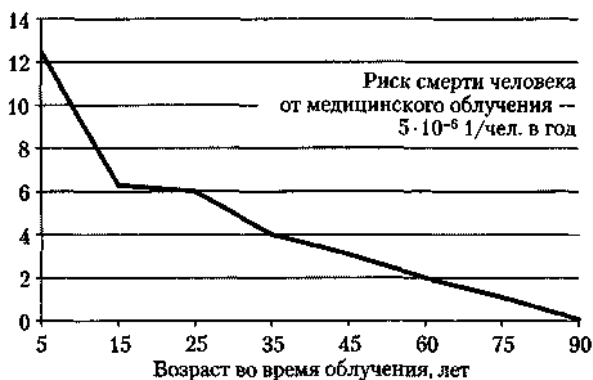


Рис. 5.10. Зависимость риска облучения в малых дозах от возраста

Таблица 5.14

Латентный период проявления раковых заболеваний после облучения

Орган	Латентный период, годы
Щитовидная железа	10,0
Красный костный мозг	12,5
Молочная железа	15,5
Печень	21,5
Легкие	24,0

Так, в атмосфере образуются кислотные осадки, фотохимический смог, возникает парниковый эффект и разрушается озоновый слой; в гидросфере - эвтрофирование водоемов, образование депрессионных воронок; в литосфере -

нарушение кислотности почв, растворение тяжелых металлов, образование отвалов и свалок.

Все это существенно снижает качество окружающей человека среды, отрицательно влияет на его здоровье. Сейчас в негативной среде (некачественный воздух, вода и т.д.) живут 40 млн. россиян, из них в опасной среде - 1 млн.

Для оценки качества природной среды применимы три подхода:

- 1) антропоцентрический, основанный на оценке динамики численности населения и динамики продолжительности жизни;
- 2) специоцентрический, основанный на анализе состояния конкретного биологического вида, через состояние которого оценивается качество среды;
- 3) биоценозоцентрический, основанный на анализе динамики биологической массы и биологического разнообразия.

На сегодняшний день наиболее разработанным является антропоцентрический подход. Профилактическая медицина успешно решает вопросы оценки качества среды, окружающей человека, с медико-биологических позиций, т.е. квалиметрии. Именно санитарные врачи разработали такие важные понятия, как ПДК вредного вещества, ПДД, которую может принять в организм человек или животное, ПДС, ПДВ, ПДУ для физических агентов и т.д. Достоинства этих понятий - отработанность и большой эмпирический задел. Недостатки - отсутствие в профилактической медицине учета взаимодействия веществ, отдаленных последствий их воздействия, генетической изменчивости человека и иных организмов.

Принятые нормативы ПДК и прочие показатели отражают качество окружающей среды для организма человека. Генеральный показатель оптимальности, применяемый в антропоцентрическом подходе к состоянию среды, - средняя продолжительность жизни. Ее сокращение в каком-либо

регионе свидетельствует о низком качестве природной среды, экологическом неблагополучии.

Воздействие на атмосферу. Атмосфера является наименьшим по массе компонентом Земли: она составляет 10^{-3} от массы гидросферы и 10^{-5} от массы литосферы. Состояние атмосферы определяет тепловой режим земной поверхности, ее озоновый слой защищает живые организмы от жесткого ультрафиолетового излучения.

Ограниченные размеры атмосферы делают ее весьма чувствительной к локальному, региональному и глобальному загрязнению.

Выбросы в приземный слой атмосферы. В городах и регионах атмосферный воздух загрязняется, прежде всего, выбросами автомобильного транспорта, промышленных предприятий и ТЭС. В крупных городах доля загрязнений воздуха автомобильным транспортом достигает 90% и более.

Например, в Москве в зонах устойчивого сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха проживает более 8 млн. чел. В валовых выбросах в атмосферу загрязняющих веществ в Москве, составляющих 1,9 млн. т, выбросы автотранспорта достигают 1,8 млн. т.

Отработавшие газы автомобиля содержат сотни токсичных компонентов, часть из которых относится к 1-3 классам опасности. Промышленные предприятия и ТЭС также вносят значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха в развитых промзонах и в промышленных городах (до 50% и выше).

Во многих городах России отмечено очень высокое загрязнение атмосферного воздуха ($\text{ИЗА} > 14$). Уровень загрязнения в этих городах определяется концентрациями бенз(а)пирена, формальдегида, диоксида азота и взвешенных веществ, а так же фенола, сероуглерода, фторида водорода и аммиака.

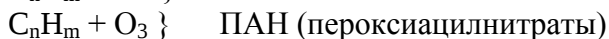
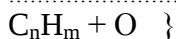
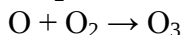
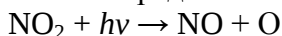
Средние концентрации формальдегида и бенз(а)пирена в атмосфере этих городов России соответственно выше нормы в 2,6 и 2,8 раза, а по фенолу и диоксиду азота - близки к предельно допустимым концентрациям.

Большую озабоченность вызывает загрязнение атмосферного воздуха европейской территории России органическими соединениями (бенз(а)пирены и др.).

Поступление бенз(а)пирена на европейскую территорию России обусловлено работой региональных источников (автотранспорт, металлургия, ТЭС и т.п.) и трансграничным переносом из сопредельных стран Европы (Польша, Украина, Белоруссия, прибалтийские страны).

Значительно загрязнение атмосферного воздуха тяжелыми металлами (кадмий, ртуть, свинец). Уровень загрязнения воздуха тяжелыми металлами обычно характеризуют показателем поступления (выпадения) этих веществ в почву.

Фотохимический смог. Общая схема реакций образования фотохимического смога в городах сложна и в упрощенном виде может быть представлена реакциями



Смог весьма токсичен, так как его составляющие обычно находятся в пределах: O_3 - 60-75%; ПАН, H_2O_2 , альдегиды и др. - 25-40%.

Для образования смога в атмосфере в солнечную погоду необходимо наличие оксидов азота и углеводородов (их выбрасывают в атмосферу автотранспорт, промышленные предприятия).

Фотохимические смоги, впервые обнаруженные в 1940-х гг. в Лос-Анджелесе, теперь периодически наблюдаются и в других городах мира.

Кислотные дожди известны более 100 лет, однако проблема этих дождей возникла около 35 лет назад.

Источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот. Наиболее важные из них: SO_2 , NO_x , H_2S . Кислотные дожди возникают вследствие неравномерного распределения этих газов в атмосфере. Например, концентрация SO_2 (мкг/м^3) обычно такова: в городе 50-1000, на территории в радиусе около 50 км вокруг города – 10-50, в радиусе около 150 км – 0,1-2, над океаном – 0,1.

Основными реакциями в атмосфере являются:

- вариант 1: $\text{SO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HSO}_3$; $\text{HSO}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (молекулы в атмосфере быстро конденсируются в капли);
- вариант 2: $\text{SO}_2 + \text{h}\nu \rightarrow \text{SO}_2^*$ (активированная молекула диоксида серы); $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4$; $\text{SO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{O}_3$; $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

Реакции обоих вариантов в атмосфере идут одновременно. Для сероводорода характерна реакция $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ и далее 1 или 2 вариант реакции.

Источники поступления соединений серы в атмосферу:

- естественные (вулканическая деятельность, действия микроорганизмов и др.) – 31-41%;
- антропогенные (ТЭС, промышленность и др.) – 59-69%.

Всего в окружающую среду поступает 91-112 млн. т соединений серы в год.

Концентрации соединений азота составляют: в городе 10-100 мкг/м^3 , на территории в радиусе 50 км вокруг города 0,25-2,5 мкг/м^3 , над океаном 0,25 мкг/м^3 .

Из соединений азота основную долю кислотных дождей дают NO и NO_2 . В атмосфере возникают реакции: $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$, $\text{NO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HNO}_3$. Источники соединений азота:

- естественные (почвенная эмиссия, грозовые разряды, горение биомассы и др.) – 63%;
- антропогенные (ТЭС, автотранспорт, промышленность) – 37%.

Всего в окружающую среду поступает 51-61 млн. т соединений азота в год.

Серная и азотная кислоты поступают в атмосферу также в виде тумана и паров от промышленных предприятий и автотранспорта. В городах их концентрация достигает 2 мкг/м^3 .

Соединения серы и азота, попавшие в атмосферу, вступают в химическую реакцию не сразу, сохраняя свои свойства соответственно в течение 2 и 8-10 суток. За это время они могут вместе с атмосферным воздухом пройти расстояния до 2000 км и лишь после этого выпадают с осадками на земную поверхность.

Различают два вида седиментации: влажную и сухую. Влажная - это выпадение кислот, растворенных в капельной влаге, она возникает при влажности воздуха 100,5%; сухая реализуется в тех случаях, когда кислоты присутствуют в атмосфере в виде капель диаметром около 0,1 мкм. Скорость седиментации в этом случае весьма мала, и капли могут проходить большие расстояния (следы серной кислоты обнаружены даже на Северном полюсе). В нашей стране повышенная кислотность осадков ($\text{pH} = 4-5,5$) отмечается в отдельных промышленных регионах. Наиболее неблагоприятны города Тюмень, Тамбов, Архангельск, Северодвинск, Вологда, Петрозаводск, Омск и др. Плотность выпадения осадков серы, превышающая 4 т/км^2 в год, зарегистрирована в 22 городах страны, а более 8-12 т/км^2 в год в городах Алексин, Новомосковск, Норильск, Магнитогорск.

Парниковый эффект. Возникновение глобального парникового эффекта также связано с поступлением в атмосферу различных газовых примесей.

Суть парникового эффекта заключается в том, что Земля поглощает солнечное излучение (преимущественно в видимом диапазоне) и испускает теплоту в инфракрасном диапазоне. Главными поглотителями теплового излучения от земной поверхности служат диоксид углерода, метан и некоторые

другие атмосферные примеси. Эти атмосферные примеси действуют подобно прозрачной крыше парника, пропуская к Земле коротковолновую часть спектра и задерживая у Земли длинноволновое тепловое излучение. Отсюда и их название - парниковые газы. Чем выше их концентрация в атмосфере, тем выше парниковый эффект.

Рост содержания CO_2 в атмосфере обусловлен потреблением углеводородных топлив - газа, нефти, угля. Другой источник CO_2 связан с изменениями растительного и почвенного покрова континентов. Вырубка лесов, а также распашка целинных земель и общая интенсификация земледелия приводят к более быстрому извлечению углерода из гумуса почв. За последние 100 лет сжигание топлива дало выброс углерода в среднем около 168 гт, а эмиссия вследствие изменения растительности континентов и необратимого нарушения почвенного покрова за это же время оценивается средней величиной 68 гт.

Основным каналом стока избыточного углерода из атмосферы является Мировой океан. Около 60% углерода поглощается океанами, а остальное количество - биотой континентов. Современная человеческая деятельность вносит значительные изменения в функционирование морских экосистем, через несколько десятилетий Мировой океан из-за загрязнения будет поглощать избыточный углерод менее эффективно и доля остающегося в атмосфере CO_2 станет выше.

Метан поступает в атмосферу из природных (донные отложения водоемов и болот) и техногенных источников (сельскохозяйственное производство, свалки бытовых отходов).

Техногенные источники закиси азота N_2O связаны в основном с высокотемпературным окислением молекулярного азота в процессе горения различных топлив. В естественных условиях N_2O поступает в атмосферу из почв, лесов и при грозовых разрядах.

Из-за высокой химической инертности и малой растворимости в воде среднее время жизни NO_2 в атмосфере велико и составляет 120-150 лет.

Увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере особенно интенсивное в последние годы, приводит к росту эффективности поглощения инфракрасного излучения, в результате чего температура земли возрастает. К повышению температуры может привести и увеличение концентрации в атмосфере таких газов, как O_3 , CH_4 , N_2O , NO_2 , SO_2 , фреонов.

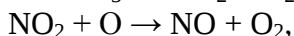
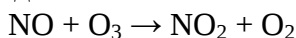
Структура выбросов парниковых газов в России более чем на 70% определяется сжиганием углеводородного топлива в энергетике, промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Сегодня на долю главного парникового газа – CO_2 приходится около 80% парникового эффекта, около 10% дает метан, на вклад остальных газов закиси азота, фреонов приходится остальное.

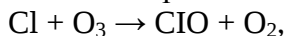
По причине резкого спада промышленного производства России в период с 1990 по 1999 г. почти на треть сократились и выбросы парниковых газов. Однако вследствие экономического роста выбросы парниковых газов начиная с 2000 г. медленно нарастают.

Разрушение озонового слоя. Озоновым слоем называют область атмосферы, расположенную на высотах от 18 км (в полярных областях - от 10 км) до 45 км и характеризующуюся повышенным содержанием озона. Поглощение озоновым слоем большей части биологически активного ультрафиолетового излучения Солнца с длиной волны $\lambda < 310$ нм и перевод его в теплоту играет важнейшую роль в сохранении жизни на Земле. Во-первых, озон является единственным компонентом атмосферного воздуха, защищающим все живое на суше от губительных доз ультрафиолетового облучения в диапазоне длин волн $\lambda = 240$ -310 нм. Во-вторых, нагревая атмосферу, озоновый слой

ограничивает глобальные циркуляции воздуха тропосферой, принимая тем самым непосредственное участие в формировании погоды и климата на Земле. Равновесие между процессами образования и разрушения озона нарушается при изменении солнечной активности, а также при появлении в озоновом слое веществ - катализаторов разложения озона. Среди таких катализаторов важнейшая роль принадлежит оксидам азота:



атомам хлора:



а также HO' - радикалам:



По теоретическим оценкам, в результате протекания цепных каталитических реакций одна молекула NO разрушает до 10-12 молекул O_3 . Однако антропогенные выбросы NO в приземном слое существенной опасности для озонового слоя не представляют, так как за время, необходимое для подъема молекул NO на высоту 25-35 км, составляющее, по оценкам, от 30 до 120 лет, оксид азота разрушается, вступая в химические реакции с другими веществами. Более опасна эмиссия оксида азота непосредственно в озоновом слое или в близлежащих областях из двигательных установок баллистических ракет и высотных реактивных самолетов.

Однако несравнимо большую опасность для озона представляет атомарный хлор. Согласно расчетам, один атом хлора по цепной каталитической реакции разрушает до 10^5 молекул O_3 . В настоящее время выявлено два основных источника поступления атомарного хлора в стратосферу. Первый из них связан с непосредственной эмиссией хлора в озоновый слой при запусках твердотопливных баллистических ракет и космических аппаратов типа американского «Шаттла», использующих смесевые топлива на основе перхлоратов,

например перхлората аммония NH_4ClO_4 , суммарные выбросы хлора в атмосферу при эпизодических запусках ракет и космических аппаратов невелики и оцениваются сотнями тонн в год.

Гораздо более мощным источником поступления хлора в атмосферу является производство фторхлоруглеродов.

Фторхлоруглеводороды (фреоны) с середины 1930-х гг. находят широкое применение в промышленности. Фреон-11 и фреон-12 использовались в качестве вспенивателей при получении пористых полимерных материалов, наполнителей в аэрозольных упаковках, а также хладагентов в холодильниках и кондиционерах.

Во второй половине 1980-х гг. во многих промышленно развитых странах были введены ограничения на производство и потребление этой продукции в связи с достигнутыми международными договоренностями о постепенном отказе от использования фторхлоруглеродов.

Однако концентрации фреонов в атмосфере будут увеличиваться еще долгие годы даже после полного прекращения их производства, поскольку среднее время пребывания фреона-11 и фреона-12 в атмосфере оценивается примерно в 55-120 лет. Кроме того, значительные концентрации фреонов 11 и 12 и некоторых других соединений этого класса были зарегистрированы в газовых выбросах действующих вулканов и гидротермальных источников в сейсмически активных районах.

В 1986 г. в мире было произведено 700 тыс. т этих веществ, а всего с начала их массового производства в 1960-х гг. - около 5 млн. т. Благодаря своей высокой химической стойкости хлорфторуглероды в процессе многолетней циркуляции с воздухом поступают из приземных слоев атмосферы в озоновый слой, где подвергаются фотодиссоциации с выделением атомарного хлора.

Еще большую опасность для озонового слоя по сравнению с хлорфторуглеродами представляют бромсодержащие фреоны CF_2OBr и $\text{C}_2\text{F}_2\text{Br}_2$, применяемые в пожаротушении. Атомы брома в несколько раз активнее разрушают озоновый слой, по сравнению с хлором.

При истощении озонового слоя возрастает доза облучения человека ультрафиолетовыми лучами, что ведет к росту заболеваний катарактой, кожными заболеваниями, ослаблению иммунной системы организма, повреждению молекул ДНК, передающих генетическую информацию. Наибольшую опасность представляет рост заболеваемости злокачественной меланомой (раком кожи). Согласно медицинским данным истощение озонового слоя на 1% сопровождается ростом заболеваемости меланомой на 6%.

Увеличение ультрафиолетовой радиации представляет опасность для всех живых организмов на суше и в воде. Высокие дозы этого излучения за счет действия на ДНК могут вызвать мутации у микроорганизмов, привести к ухудшению качества семян, понижению сопротивляемости растений вредителям и болезням. Установлено, что ультрафиолетовые лучи вызывают повреждение клеток и тканей у растений. По расчетам, потеря 25% озона вызовет такой рост радиации, что количество фитопланктона в океане сократится на 35% с соответствующим уменьшением его продуктивности. Истощение озонового слоя оказывает негативное влияние и на климат Земли: ведет к снижению нагрева стратосферы с соответствующим изменением характера поведения температуры воздуха в этой области и нарушением циркуляции воздушных масс в тропосфере.

Данные оценки потерь озона в Арктике весьма противоречивы. Согласно данным спутникового наблюдения к 1981 г. истощение озонового слоя составило 1%, а за семилетний период с 1981 по 1988 г. - 4%. К 2050 г. ожидается 30-50%-ное истощение озонового слоя. По другим данным, к

2015 г. истощение озонового слоя достигнет 17% и затем стабилизируется на этом уровне.

В результате техногенного воздействия на атмосферу наблюдаются следующие негативные последствия:

- превышение ПДК многих токсичных веществ (CO , NO_2 , SO_2 , C_nH_m , бенз(а)пирена, свинца, бензола и др.) в городах и природных зонах;
- образование в городах фотохимического смога при интенсивных выбросах NO_x , C_nH_m ;
- выпадение кислотных дождей в регионах при интенсивных выбросах SO_x , NO_x ;
- проявление парникового эффекта при повышенном содержании CO_2 , NO_x , O_3 , CH_4 в атмосфере, что способствует повышению ее средней температуры;
- разрушение озонового слоя при поступлении в него NO_x и соединений хлора, что создает опасность УФ-облучения биосферы.

Воздействие на гидросферу. Гидросфера - водная среда Земли, образованная совокупностью океанов, морей, поверхностных вод суши, включая лед и снег высокогорных и полярных районов. Гидросфера на 94% состоит из вод океанов и морей, 0,03% - поверхностные воды, 4% - подземные воды, 2% - снег и льды.

В структуре *забора воды* из природных источников преобладает вид деятельности по производству и распределению электроэнергии, газа и воды. Его доля в 2006 и 2007 гг. составила 54%, а в 2008 г. - 56%. На сельское хозяйство, охоту и лесное хозяйство приходится около 23-24%, на обрабатывающее производство – 7-8% общего забора воды из природных источников в целом по России.

Поверхностные воды. Различают экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ) и высокое загрязнение (ВЗ) поверхностных вод различными стоками. Под экстремально высоким загрязнением поверхностных вод принят уровень,

превышающий ПДК в пять и более раз для веществ 1-го и 2-го классов опасности и в 50 раз и более для веществ 3-го и 4-го классов. Под высоким загрязнением поверхностных вод принят уровень, превышающий ПДК в 3-5 раз для веществ 1-го и 2-го классов, в 10-50 раз для веществ 3-го и 4-го классов и в 30-50 раз для нефтепродуктов, фенолов, ионов марганца, меди и железа.

Максимальную нагрузку от загрязнения испытывают Обь, Волга, Амур, Енисей и Северная Двина. К наиболее опасным загрязнителям водных объектов относят соединения тяжелых металлов и органические вещества.

К *тяжелым металлам* относят ртуть, свинец, кадмий, хром, марганец, никель, кобальт, ванадий, медь, железо, цинк, сурьму, а так же металлоиды - мышьяк и селен. Особенно опасными считаются ртуть, кадмий и свинец. В воды атомы тяжелых металлов поступают из почв и горных пород в результате химического и микробиологического выщелачивания со стоками, с паводковыми и дождевыми водами, а также при осаждении из атмосферы пылевых частиц, вовлеченных в воздушный перенос. Источниками соединений тяжелых металлов для водных объектов служат предприятия машиностроения, энергетики, горнодобывающего и перерабатывающего комплекса, химические комбинаты, а также сельскохозяйственные предприятия.

В случае загрязнения природных вод кислотными или основными окислами (например, диоксида серы, углекислого газа, аммиака) уменьшается значение pH природных вод. При $\text{pH} < 7$ повышается растворимость солей тяжелых металлов, а следовательно, и концентрация ионов тяжелых металлов в водах увеличивается.

Органические вещества. В список составленный Агентством по охране окружающей среды США входят около 180 органических химикатов, загрязняющих водоемы. К ним относятся: различные пестициды, летучие и малолетучие

хлорорганические соединения, ароматические углеводороды (бензол, ксилол, толуол и др.).

Основные количества органических загрязняющих веществ поступают в воду с промышленными и коммунальными стоками, при сливе пестицидов с сельскохозяйственных угодий, а также за счет осаждения из атмосферы.

В результате накопления органических веществ в водоемах (озерах) в начальный период происходит мощное развитие жизни (рост водорослей, планктона, рыб и т.п.), однако последующие разложение обильной органики сопровождается уменьшением в воде растворенного кислорода, возникновением процессов биodeградации, приводящих к полному зарастанию водоема растительностью (процесс эвтрофирования водоемов).

Последствием эвтрофирования является возникновение анаэробных зон, «цветение» воды, исчезновение многих биологических видов, включая ценные промысловые рыбы. «Цветение» водоемов регистрируется во многих странах мира начиная с конца XIX в. Чаще всего оно проявляется в размножении сине-зеленых водорослей. В этих случаях говорят о «токсическом цветении», поскольку такие водоросли способны продуцировать токсины, вследствие этого вода становится непригодной к употреблению.

Подземные воды. Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения России составляет 45%. В сельской местности доля подземных вод достигает 80-85%.

Загрязнение подземных вод весьма высоко. Оно связано с деятельностью промышленных предприятий, с сельскохозяйственной деятельностью, с коммунальным хозяйством. Основными веществами, загрязняющими подземные воды, являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний), сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фенолы, соединения железа, тяжелые металлы

(медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть или сурьма).

В 63% интенсивность загрязнения подземных вод составляет 1-10 ПДК, в 23% изменяется в пределах 10-100 ПДК, а в 10% превышает 100 ПДК, и лишь в 4% интенсивность загрязнения не превышает ПДК.

В результате извлечения и добычи подземных вод на отдельных территориях продолжают формироваться крупные региональные депрессионные воронки, площади которых достигают значительных размеров (до 50 тыс. км²), а снижение уровня в центре - 65-130 м (города Брянск, Курск, Москва, Санкт-Петербург).

Техногенное воздействие на гидросферу приводит к следующим негативным последствиям:

- снижаются запасы питьевой воды (около 40% контролируемых водоемов имеют загрязнения, превышающие 10 ПДК);
- изменяются состояние и развитие фауны и флоры водоемов;
- нарушается круговорот многих веществ в биосфере;
- снижается биомасса планеты и, как следствие, воспроизводство кислорода.

Опасны не только первичные загрязнения поверхностных вод, но и вторичные, образовавшиеся в результате химических реакций веществ в водной среде. Так, при одновременном попадании весной 1990 г. в реку Белая фенолов и хлоридов образовались диоксины, содержание которых в 147 тыс. раз превысило допустимые значения.

Большую опасность загрязненные сточные воды представляют в тех случаях, когда структура грунта не исключает их попадание в зону залегания грунтовых вод. В ряде случаев до 30-40% тяжелых металлов из почвы поступает в грунтовые воды.

Воздействие на литосферу. Литосфера - верхняя твердая оболочка земли. Человеческая деятельность влияет в основном

на состояние самого верхнего слоя Земли, на почвенный покров. Почва – рыхлый слой поверхностных твердых пород вместе с включенными в него водами, воздухом, животными организмами и продуктами их жизнедеятельности. Почва служит защитным слоем земной коры, в нем происходит газовый обмен между атмосферой и подземной частью гидросферы.

Литосфера не обладает свойством быстрого рассеивания попадающих в нее извне загрязнителей.

Площадь земельного фонда России составляет 1709,8 млн. га.

Анализ качественного состояния земель показывает, что такие процессы, как опустынивание, переувлажнение, заболачивание, подтопление, затопление, зарастание кустарником и мелколесьем, дегуманизация, засоление и промышленное использование, существенно снижают площади земель сельскохозяйственного назначения, качественное состояние почв. Для урбанизированных территорий наиболее характерными являются такие проявления, как разрушение почвенного покрова, химическое загрязнение и захламление земель промышленными и бытовыми отходами.

Химическое загрязнение почв связано со следующими причинами:

- атмосферным переносом загрязняющих веществ (тяжелые металлы, кислотные осадки);
- сельскохозяйственным загрязнением (удобрения, пестициды);
- наземным загрязнением (отходы быта и производств, отвалы топливно-энергетических комплексов, загрязнение нефтью и нефтепродуктами).

Тяжелые металлы поступают в почву преимущественно из атмосферы с выбросами промышленных предприятий. Из атмосферы в почву тяжелые металлы попадают чаще всего в

форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонат или в форму обменных катионов.

Наибольшую опасность в плане седиментации токсичных веществ из атмосферы представляют предприятия цветной и черной металлургии. Зоны загрязнений их выбросами имеют радиусы около 20-50 км, а превышение ПДК достигает 100 раз. Опасны выбросы мусоросжигающих заводов, содержащие тетраэтил свинец, ртуть, диоксины, бенз(а)пирен и т.п. Выбросы ТЭС содержат бенз(а)пирен, соединения ванадия, радионуклиды, кислоты и другие токсичные вещества. Зоны загрязнения имеют радиусы 5 км от трубы и более.

Важным показателем почв является их кислотность. Источниками кислоты и оснований являются продукты распада органических соединений, гидролиз неорганических соединений и загрязнения, вносимые в почву из атмосферы и гидросферы. В зависимости от величины рН почвы относятся к кислым ($\text{pH} < 7$) и щелочным ($\text{pH} > 7$).

Подкисление почвы способствует переходу соединений тяжелых металлов в растворимые соединения. Соединения тяжелых металлов и повышенная кислотность обладают *синергетическим действием* на растения.

Песчаные почвы более устойчивы к загрязнению, они не обладают способностью связывания тяжелых металлов, легко пропускают их через себя с фильтрующимися водами. На таких почвах возрастает опасность загрязнения подземных вод.

Глинистые почвы обладают способностью прочно связывать тяжелые металлы, предохраняя от загрязнения грунтовые воды. Так, например, общее количество свинца, которое может задержать метровый слой такой почвы на одном гектаре, достигает 500-600 т.

Защелачивание почвы снижает скорость разложения органических веществ, так как большинство почвенных бактерий и грибов угнетаются в кислой среде. Степень кислотности влияет на растворимость алюминия в почвенном

слое. Алюминий широко распространен в земной коре, присутствует в значительных количествах во многих почвенных минералах, входит в состав глинистых почв (каолин). При повышении кислотности происходит растворение соединений алюминия и переход в раствор. Образующиеся соединения обладают токсичностью для корневой системы растений.

Распространенными загрязнителями почвы являются пестициды и родственные им соединения. Без их применения потери урожая от сорняков, вредителей и болезней могут достигать 60%. В мире производится около 1500 наименований пестицидов. В окружающую среду поступают все пестициды, производимые мировой промышленностью. Для оценки относительной опасности того или иного пестицида ввели характеристику «продолжительности жизни» его в биосфере. По этому параметру выделяют несколько групп пестицидов - препараты с продолжительностью сохранения в окружающей среде 18, 12, 6, 3 и менее 3 месяцев соответственно. Наиболее стабильны в природе (сохраняются в течение нескольких лет) хлорорганические пестициды, которые могут накапливаться в пищевых цепях.

Нефть представляет собой один из наиболее крупных видов органических загрязнителей литосферы. В состав нефти входит более 150 различных углеводородов (75% от общего состава нефти). Кроме того, в нефти содержатся азот, сера, кислородсодержащие соединения и, в зависимости от месторождения, железо, никель, медь.

Нефть и нефтепродукты попадают в почву при различных обстоятельствах: при разведке и добыче, при авариях на нефтепроводах, на транспорте, на нефтебазах и бензозаправках, из средств транспорта.

Нефтяное загрязнение почв относится к числу наиболее опасных, поскольку оно принципиально изменяет свойства почв. Нефть обволакивает почвенные частицы, в результате

почва не смачивается водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания. Частицы почвы слипаются, а сама нефть постепенно переходит в иное состояние, ее фракции становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу.

Техногенное воздействие на почву сопровождается:

- отторжением пахотных земель или уменьшением их плодородия. По данным ООН, ежегодно в мире выводится из строя около 6 млн. га плодородных земель;
- чрезмерным насыщением токсичными веществами растений, что неизбежно приводит к загрязнению продуктов питания растительного и животного происхождения. В настоящее время до 70% токсичного воздействия на человека приходится на пищевые продукты;
- нарушением биоценозов вследствие гибели насекомых, птиц, животных, некоторых видов растений;
- загрязнением грунтовых вод, особенно в зоне свалок.

Промышленные и бытовые отходы. Ежегодно из недр страны добывается огромное количество горной массы, при этом вовлекается в оборот около трети, а используется в производстве около 7% объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

Примерами значительного накопления отходов, связанных с добычей полезных ископаемых, могут служить терриконы угольных шахт, отвалы вблизи карьеров при наземной добыче руд. Наиболее остро стоит вопрос утилизации отходов в угольной промышленности, поскольку на некоторых шахтах добыча каждой тонны угля сопровождается подъемом из шахт до 7-10 м³ породы.

Отвалы различных производств, топливно-энергетических комплексов занимают немалые площади, выводя из пользования земельные угодья и представляя опасность для окружающей среды. Так, например, отвалы многих горных

пород содержат пирит FeS_2 , который на воздухе самопроизвольно окисляется до серной кислоты, в результате чего в период дождей или снеготаяния образуются сильно закисленные территории.

Ежегодно в Российской Федерации образуется значительное количество промышленных отходов. Более половины объема промышленных отходов приходится на угольную отрасль; около трети – отходы металлургического производства.

Источниками загрязнения соединениями фтора являются алюминиевые заводы в Братске, Иркутске и др., предприятия по производству фосфорных удобрений и др.

В настоящее время одной из самых острых проблем является утилизация и захоронение радиоактивных отходов АЭС. Опасны и значительны отходы сельскохозяйственного производства - навоз, остатки ядохимикатов, кладбища животных.

Практически весь объем образующихся токсичных отходов (95%) имеет промышленное происхождение, а остальные 5% отходов этой категории распределяются почти поровну между сельским хозяйством (3,7 млн. т) и ЖКХ (3,4 млн. т).

Ежегодно в России образуется около 150 млн. м³ (30 млн. т) твердых бытовых отходов (ТБО) (в том числе в Москве - 5 млн. т). По прогнозам, ежегодное накопление ТБО увеличится до 200 млн. м³, что объясняется увеличением доли тары и упаковки в массе продуктов и товаров. К ТБО относятся: бумага и картон, полимерные материалы, стекло, древесина, металлы и др.

Энергетические воздействия. Энергетические загрязнения окружающей среды, как правило, обусловлены производственной деятельностью человека. Наибольший вклад в энергетическое загрязнение окружающей среды вносят изменения ее электромагнитных параметров в диапазонах частот, соответствующих областям радиоволн, инфракрасного

или теплового излучения, рентгеновского и гамма-излучения, которые вместе с α - и β -частицами являются причиной радиоактивного загрязнения биосферы, а также изменения виброакустических параметров (виброакустическое загрязнение).

Электромагнитные поля и излучения. Основные искусственные источники ЭМП: радиолокационные, радио- и телепередающие станции, электростанции и трансформаторные подстанции, энергосиловые установки, воздушные линии электропередачи, электрифицированные железные дороги, компьютеры, широко разветвленные электрические, в том числе кабельные, сети и др. Напряженность техногенных ЭМП на значительных территориях на 2-5 порядков превышает естественный фон ЭМП.

Уровни электромагнитных излучений (ЭМИ) очень часто превосходят допустимые санитарные нормы в районах аэропортов, радио- и телестанций, военных, радиотехнических и других объектов. Например, в районе расположения теле- и радиостанции плотность потока энергии достигает сотен Вт/м² при ПДУ в рабочей зоне 10 Вт/м².

Тепловые загрязнения - одно из крупных видов загрязнения окружающей среды. Только в 2000 г. отвод теплоты в мире от энергетических производств достигал 241 000 млн. Гкал, что неизбежно приводило к росту температуры окружающей среды. В глобальном масштабе этот прирост теплоты невелик и приводит всего лишь к увеличению теплоты от солнечной радиации на 0,019%.

Проблема техногенного теплового загрязнения наиболее значима в региональном масштабе, поскольку оно достигает в среднем 1,6-2,0 Вт/м² (из них на ЖКХ приходится 33% теплоты; на ТЭС и ТЭЦ - 25%, на промышленность - 29%, на транспорт - 13%). Еще более значимы тепловые загрязнения в крупных городах и около некоторых объектов экономики. Например, в Берлине выбросы теплоты - 22 Вт/м², в зоне ЦБК -

2000 Вт/м², около мощной ТЭС - 24 000 Вт/м². В расчете на единицу производимой энергии АЭС сбрасывает в окружающую среду больше теплоты, чем ТЭС. Для мощных АЭС расход воды на охлаждение достигает 180 м³/с, тогда как ТЭС аналогичной мощности потребляют всего 70-90 м³/с. Для сравнения: плотность потока солнечной радиации вблизи поверхности Земли составляет 935 Вт/м².

Температура поверхности Земли - важнейший из абиотических факторов, влияющих на развитие микроорганизмов, выживание животных и растений. Последнее особенно актуально, поскольку большая часть теплоты отводится в водоемы и приводит к их подогреву. Повышение температуры воды даже на несколько градусов сопровождается упрощением водных сообществ. Известно, что при температуре воды ЗГС число видов уже вдвое меньше, чем при 26°C.

По общим оценкам, выбрасываемая низкопотенциальная теплота возрастает пропорционально росту производства электроэнергии и к началу XXI в. составляла около 0,02% от солнечной радиации. Учитывая темпы роста энергетики (3,5% в год) можно считать, что опасное глобальное загрязнение Земли (1-5% от количества солнечной энергии) будет достигнуто за пределами XXI в.

Ионизирующие загрязнения. Радиационное загрязнение окружающей среды происходит за счет поступления в нее радионуклидов, извлекаемых из глубин земли вместе с углем, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами и др. Ряд радионуклидов содержится в сжигаемых углях. Удельная активность угольной золы достигает следующих величин, Бк/кг: 265 - ⁴⁰K, 200 - ²³⁸U, 240 - ²²⁶Ra, 930 - ²¹⁰Pb, 1700 - ²¹⁰Po и т.д. Индивидуальная средняя годовая доза облучения в районе ТЭС мощностью 1 млн. кВт (район радиусом 20 км) может достигать 0,5 бэр. Эта доза зависит от

зольности угля и эффективности очистки дымовых газов от твердых частиц (летучей золы).

Значительное количество радионуклидов содержится в удобрениях, применяемых в сельском хозяйстве. После внесения удобрений в почву радионуклиды по пищевым цепям поступают в живые организмы. Так, тройной суперфосфат (производства США) имеет удельную активность Бк/кг: 2100 - ^{238}U , 1800 - ^{238}Th , 780 - ^{226}Ra , азотно-фосфорно-калиевые удобрения (Бельгия): 470 - ^{238}U , 210 - ^{226}Ra , 5900 - ^{40}K .

Огромное количество радионуклидов поступило в биосферу при испытаниях ядерного оружия в 1945-1980 гг. Установлено, что основной вклад в ожидаемую эффективную эквивалентную дозу вносят радионуклиды, образовавшиеся при испытаниях: ^{14}C , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{106}Ru , ^{90}Sr , ^{144}Cl , ^3H , ^{131}I и др. Доза облучения от всех этих радионуклидов составляет 400 мбэр.

Радиоактивные вещества поступают в биосферу на всех стадиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ): добыча и переработка урановых и ториевых руд, обогащение урана изотопом ^{235}U , изготовление ТВЭЛов, получение энергии в ядерных реакторах, переработка отработавшего ядерного топлива, переработка, хранение и захоронение радиоактивных отходов, транспортировка радиоактивных материалов.

При добыче урансодержащей руды образуются газообразные, жидкие и твердые радиоактивные отходы (РАО). Газообразные отходы образуются в основном за счет ^{222}Rn (до $8 \cdot 10^9$ Бк на 1 т добытой руды), жидкие отходы определяются шахтными водами, образующимися при дренаже, и водой для технологических целей; твердые отходы - горная порода и руды с низким содержанием урана.

Основные источники потенциальной ядерной опасности - ядерные реакторы. Даже при штатной работе АЭС образуются газообразные, жидкие и твердые РАО, часть которых поступает в окружающую среду, поскольку системы очистки не дают

100% эффекта. Газообразные РАО: радиоактивные благородные газы (РБГ), например, около десяти радионуклидов Kr и Xe - продуктов деления, ^{41}Ar - продукт нейтронной активации, ^{40}Ar , содержащегося в воздухе и теплоносителе. Более 50 биологически значимых радионуклидов содержится в аэрозольных выбросах АЭС. Жидкие РАО: пульпа ионообменных смол, фильтроматериалы, кубовые остатки выпарных аппаратов, в которые поступает загрязненная радионуклидами вода при эксплуатации или ремонте реактора, дебалансные воды, активность которых создается в основном за счет трития, так как система очистки не позволяет извлекать тяжелую воду из воды. Твердые РАО: отвержденные жидкие концентрированные РАО, детали оборудования реактора, снятые с эксплуатации, отработавшие материалы.

Доза облучения населения зависит от времен, расстояния и типа реактора. Например, расчетная индивидуальная средняя эффективная эквивалентная годовая доза облучения населения от газоаэрозольных выбросов составляет на расстоянии 10 и 100 км соответственно для РБМК-0,135 и 0,00135 мбэр/гВт; для ВВЭР - 0,0079 и 0,00036 мбэр/гВт.

Значимый вклад в загрязнение биосферы вносят долгоживущие радионуклиды ^3H , ^{14}C , ^{35}Kr , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs и изотопы трансурановых элементов, присутствующие в выбросах и сбросах заводов по переработке облученного ядерного топлива. Такой завод, перерабатывающий 1500 т отработанного топлива, создает на расстоянии до 100 км годовую эффективную эквивалентную дозу до 25 мбэр. Кроме того, в окружающую среду могут поступать отходы кислот, химреагентов для обработки жидких РАО, органических растворителей, способные загрязнять грунтовые воды на больших территориях.

На конечной стадии ЯТЦ производится захоронение высокоактивных РАО. До сих пор не определены оптимальные

способы захоронений. Есть проекты захоронений в глубоких подземных выработках, например в соляных шахтах, в герметичных емкостях глубоко под землей или на дне океана и т.д. Каждый способ имеет свои недостатки, создающие угрозу глобального загрязнения в будущем. Оптимистические оценки лучших вариантов, например отверждение отходов с последующим захоронением в геологически стабильных районах, показывают, что заметные количества радиоактивных веществ, достигнут биосферы через 10^5 - 10^6 лет.

Виброакустические загрязнения. Деятельность человека в биосфере сопряжена с невольным и все возрастающим производством ненужных для людей, фауны, флоры звуков - шумов, а также вибраций.

Шум в окружающей среде вызывается источниками, находящимися снаружи или внутри здания: средствами транспорта, оборудованием предприятий, вентиляторами, компрессорными установками, станциями для испытания двигателей и генераторов, аэрогазодинамическими установками, электрическими трансформаторами. Нарастание шума происходит и вне городской среды: шум наземного, водного, воздушного транспорта, сельхозмашин, ветровых электростанций. Очевиден шумовой прессинг на все живое: растительный и животный мир, на человека.

В многонаселенных городах интенсивность шума каждые 25-30 лет возрастает примерно в 10 раз, т.е. на 10 дБА.

Источники вибраций в окружающей среде: оборудование ударного действия (молоты, машины для забивания свай под фундаменты зданий), рельсовый транспорт, мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации. Вибрации, часто сопровождаемые звуковыми колебаниями, распространяются по грунту и достигают фундаментов жилых и общественных зданий, инженерных сооружений. Это может вызвать

неравномерность осадки грунта и фундамента, особенно при высокой насыщенности грунта влагой, и разрушений размещенных на них зданий и сооружений. Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие.

Протяженность зоны воздействия вибраций в окружающей среде определяется интенсивностью (амплитудой) вибрации источника (фундамента машины), а также величиной затухания вибраций в грунте и может достигать 150-200 м.

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

5.3. 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 промышленных условиях 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 электрических сетей на человека и окружающую материальную среду многообразно. Значительную опасность представляют электрические сети для людей, оказавшихся в условиях непосредственного контакта с сетями.

При коротком замыкании в электрических сетях с образования электрической дуги возможно возникновение возгораний горючих веществ, приводящее к пожарам и взрывам, травмирование обслуживающего персонала и посторонних лиц, оказавшихся в зоне влияния дуги.

Опасность поражения человека электрическим током определяется, прежде всего, величиной тока $I_{\text{ч}}$, проходящего через тело человека. Его определяют по формуле

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{пр}}/R_{\text{ч}},$$

где $U_{\text{пр}}$ - напряжение прикосновения; $R_{\text{ч}}$ - сопротивление тела человека.

Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Электрический ток оказывает действие на нервные клетки, кровеносные сосуды и кровь, сердце, головной мозг, органы дыхания и т.д. Наиболее часто встречаются: судороги, фибрилляция сердца, прекращение дыхания, паралич сердца и ожоги.

Минимальная величина тока, под которым возникает судорожное сокращение мышц, называют *пороговым неотпускающим током*. Его значение для переменного тока частотой 50 Гц лежит в пределах 6-16 мА.

Важными факторами, влияющими на результат воздействия электрического тока на человека, являются:

— род тока и частота;

- путь прохождения тока;
- время его действия;
- температура и влажность воздуха;
- состояние кожных покровов человека;
- другие.

В общем случае показано, что при напряжении до 500 В переменный ток опаснее постоянного, а при напряжении более 500 В опаснее постоянный ток. Наибольшую опасность представляет ток частотой 50 Гц. Рост и уменьшение частоты снижают опасность его воздействия.

Путь прохождения тока многовариантен. Наиболее опасное воздействие наблюдается в случаях, когда ток проходит через сердце или мозг. Рост времени воздействия тока повышает опасность смертельного поражения. Длительные судороги мышц могут привести к остановке дыхания и сердца.

Сопротивление тела человека во многом зависит от состояния его кожных покровов. Если кожа увлажнена, имеет трещины, то ее сопротивление значительно уменьшается, достигая значений 650-1000 Ом и приближаясь к внутреннему сопротивлению, равному 650-800 Ом.

Опасность поражения человека электрическим током зависит от состояния и вида помещения, где применяются электрические сети и электроустановки. По опасности поражения током различают:

1) помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2) помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- сырости (относительная влажность длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли;
- токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные и т.п.);

- высокой температуры, постоянно или периодически (более суток) превышающей $+350^{\circ}\text{C}$;
- возможности одновременного прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования, с одной стороны, и к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п. - с другой. Сюда можно отнести, например, складские неотапливаемые помещения;

3) помещения особо опасные, характеризующиеся одним из следующих признаков:

- особой сыростью (влажность близка к 100%);
- химически активной или органической средой, разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования;
- наличием одновременно двух или более условий повышенной опасности. К таким помещениям относится большая часть производственных помещений;

4) территории размещения наружных электроустановок, которые по опасности поражения током приравниваются к особо опасным помещениям.

Опасность поражения человека электрическим током наступает вследствие:

- напряжения шага, которое равно напряжению между точками земли, обусловленному растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека. Численно напряжение шага равно разности потенциалов точек, на которых находятся ноги человека. Поле потенциалов на поверхности земли может возникнуть, например, при замыкании провода на землю в результате его обрыва, при стекании тока с заземлителя и т.п.;
- прикосновения к неизолированным токоведущим частям, когда человек одновременно находится в контакте с потенциалом земли или другой токоведущей частью иного потенциала (прямое прикосновение) или прикосновения к

части электрического оборудования, которая находится под напряжением, вследствие повреждения изоляции, когда человек находится в контакте с потенциалом земли или другой проводящей частью оборудования иного потенциала (косвенное прикосновение);

– образования электрической дуги между токоведущей частью установки и человеком, что возможно в электрических установках напряжением свыше 1000 В.

Напряжение шага. Для: анализа растекания тока в грунте принимаем, что ток стекает в грунт через одиночный заземлитель полусферической формы (рис. 5.11), грунт однородный и изотропный, его удельное сопротивление s во много раз превышает удельное сопротивление материала заземлителя.

Тогда потенциал φ_A точки A на расстоянии x выразится зависимостью $\varphi_A = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}$, а φ_3 на заземлителе равно $\frac{I_3 \rho}{2\pi p}$, где I_3 - ток, стекающий с заземлителя в грунт.

Таким образом, потенциал на поверхности грунта распределяется по закону гиперболы (рис. 5.12). Максимальным потенциал будет при $x = x_3$.

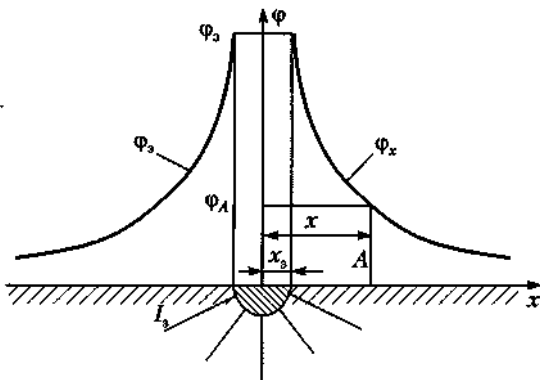


Рис. 5.11. Растекание тока в грунте

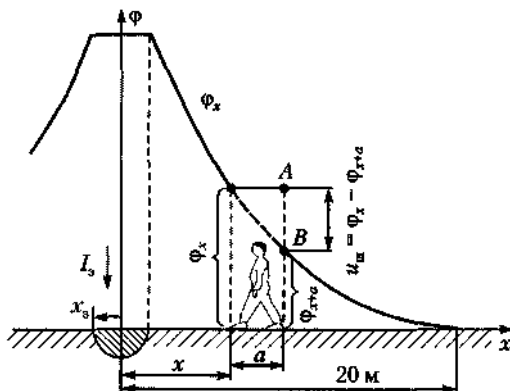


Рис. 5.12. Напряжение шага

Зону земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю, называют зоной растекания тока замыкания на землю. Зона растекания тока простирается, в среднем, на расстояние до 20 м от места замыкания на землю.

При расположении одной ноги человека на расстоянии x от упавшего провода заземлителя и ширине шага, которая обычно принимается за 1 м, получаем

$$U_{ш} = \varphi \frac{ax_3}{x(x+a)} = U_3 \beta,$$

где $\beta = \frac{ax_3}{x(x+a)}$ - коэффициент напряжения шага, который зависит от расстояния заземлителя и ширины шага (чем ближе к заземлителю и шире шаг, тем коэффициент β больше). Электрический ток через тело человека, обусловленный напряжением шага, равен

$$I_{ч} = U_{ш}/R_{ч},$$

где $R_{ч}$ - сопротивление в цепи протекания тока через человека, состоящее из сопротивлений тела человека, обуви и опорной поверхности, на которой он находится.

Опасность поражения током в электрических сетях.
Случаи поражения человека током возможны лишь при

замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение (разность потенциалов). Опасность такого прикосновения зависит от ряда факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, степени изоляции токоведущих частей относительно земли.

Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными (рис. 5.13).

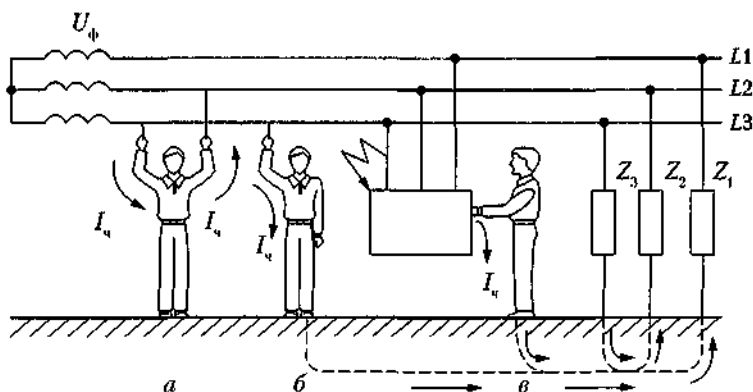


Рис. 5.13. Случаи включения человека в электрическую цепь:

a - двухфазное; *б* и *в* - однофазное (прямое и косвенное); *Z* - полное сопротивление фазы относительно земли

Наиболее характерными являются две схемы включения: между двумя проводами (двухфазное включение) и между одним проводом и землей (однофазное включение). Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей. Двухфазное включение - прикосновение человека одновременно к двум фазам, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение - линейное, и поэтому через тело человека пройдет ток силой

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}}/R_{\text{ч}} = 1,73U_{\text{ф}}/R_{\text{ч}} ,$$

где $U_{\text{л}}$ - линейное напряжение, т.е. напряжение между фазами проводами сети; $U_{\text{ф}}$ - фазное напряжение; $U_{\text{л}} = 1,73U_{\text{ф}}$.

Двухфазное включение является одинаково опасным в сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралью. При этом изоляция человека от земли, например с помощью диэлектрического коврика, не уменьшит опасность поражения.

Однофазное включение происходит значительно чаще, но является менее опасным, чем двухфазное, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно меньше будет и ток, проходящий через тело человека. Кроме того, на значение этого тока влияют режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции и емкость проводов относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и другие факторы.

Рассмотрим подробнее получившее широкое распространение трехфазные сети напряжением до 1 кВ при нормальном и аварийном режимах работы. Это сети трехпроводные с изолированной нейтралью и сети с глухо заземленной нейтралью.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью ток, проходящий через тело человека, при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы определяют следующим выражением:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + r/3} ,$$

где r - сопротивление изоляции провода.

Из этого выражения следует, что с увеличением сопротивления изоляции опасность поражения током уменьшается. Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее

состояние для своевременного выявления и устранения возникших неисправностей.

При аварийном режиме работы сети (рис. 5.14), когда возникло замыкание одной из фаз на землю через малое сопротивление $r_{\text{ЗМ}}$, ее напряжение относительно земли снижается, поскольку $r_{\text{ЗМ}} \ll r$.

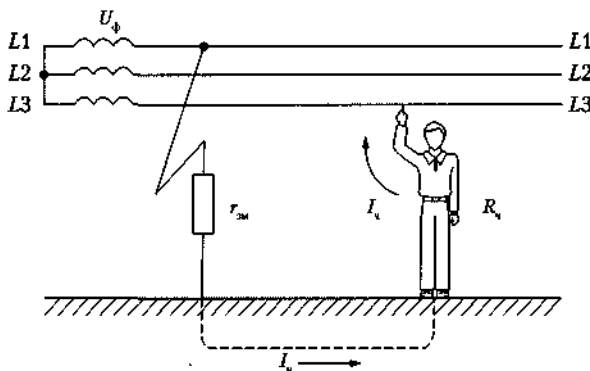


Рис. 5.14. Прикосновение человека к проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью при аварийном режиме

При этом напряжение, под которым окажется человек, прикоснувшийся к исправной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью, будет значительно больше фазного и несколько меньше линейного напряжения. Таким образом, этот случай прикосновения опаснее прикосновения к той же фазе сети при нормальном режиме работы.

В трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью при нормальном режиме работы сети (рис. 5.15, а) ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + r_0),$$

где r_0 - сопротивление заземления нейтрали.

Как правило, $r_0 < 8$ Ом и $r_0 \ll R_{\text{ч}}$, следовательно, без большой ошибки в расчетах можно пренебречь значением r_0 и считать, что человек оказывается практически под фазным напряжением $U_{\text{ф}}$, а ток $I_{\text{ч}} \approx U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}}$. Ограничить силу тока,

проходящего через человека, можно, увеличив сопротивление $R_{\text{ч}}$, например, используя диэлектрическую обувь, диэлектрические коврики, изолирующие подставки.

Отсюда следует, что прикосновение к фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью в период нормальной ее работы более опасно, чем прикосновение к фазе нормально работающей сети с изолированной нейтралью.

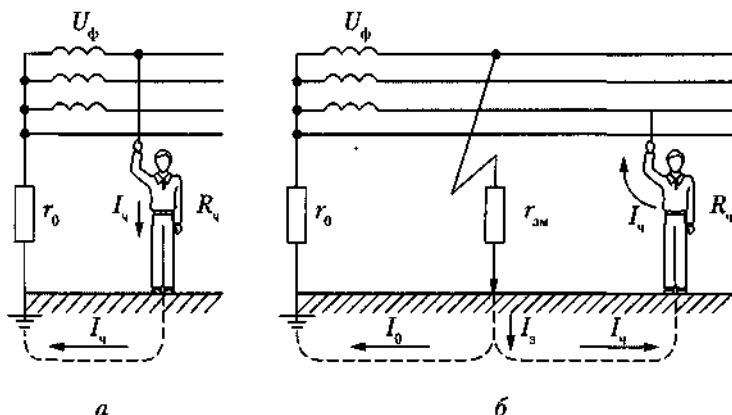


Рис. 5.15. Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью:

а - при нормальном режиме; *б* - при аварийном режиме

При аварийном режиме, когда одна из фаз сети замкнута на землю через относительно малое сопротивление $r_{\text{зм}}$ (рис. 5.15, б), напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в аварийный период к исправному фазному проводу трехфазной сети с заземленной нейтралью, всегда меньше линейного, но больше фазного. Таким образом, прикосновение к исправной фазе сети с заземленной нейтралью в аварийный период более опасно, чем при нормальном режиме.

Вышеприведенный анализ сетей напряжением до 1 кВ показывает, что в случае прикосновения к фазному проводу в

период нормального режима работы сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период - сеть с заземленной нейтралью. Следовательно, сети с изолированной нейтралью целесообразно применять в тех случаях, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции проводов. Такими являются малоразветвленные сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором квалифицированного персонала, например сети электротехнических лабораторий.

Сеть с заземленной нейтралью из условий безопасности следует применять там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности, агрессивной среды и пр.), нельзя быстро отыскать или устранить повреждение изоляции. Это, как правило, сети жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок.

Электрическая дуга. Она возникает при коротком замыкании, электрическом пробое воздушных зазоров и т.п. Температура дуги может достигать 7000 °С, вызывая тяжелые ожоги и травмы. При контакте кожи человека с металлическими токоведущими частями оборудования, оказавшимся под высоким напряжением (1000 В и более), и возникают «электрические знаки», о которых говорилось выше.

Механическое травмирование. Как правило, такое травмирование происходит спонтанно и имеет весьма широкий спектр негативных воздействий на человека: от порезов и ушибов до летального исхода. Тяжелые случаи механического травмирования связаны обычно 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 (конвейеры, роботы, подъемно-

транспортное оборудование, средства транспорта, бытовая техника и т.п.);

- падении человека и различных предметов;
- поражении потоками вещества, ударной волной, фрагментами разрушающихся систем повышенного давления, тепловых и иных сетей и т.п.;
- контакте с режущими и колющими предметами, с шероховатыми и рваными поверхностями.

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 стреловых самоходных кранов;
- спадение каната или цепи с блока, особенно при подъеме груза, кроме того, при раскатке 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;
- травмы при погрузке и разгрузке крупногабаритного груза на ручные безрельсовые тележки;
- действия механизмов, входящих в конструкцию подъемно-транспортных машин, обладающих комплексом механических опасностей, перечисленных выше.

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

Несчастные случаи часто возникают на ленточных и цепных конвейерах, причем 90% несчастных случаев на них происходит в момент устранения на ходу конвейера неполадок вследствие захвата тела и одежды набегающими движущимися частями оборудования. Поэтому на работающем конвейере запрещается исправлять смещение (сбег) ленты и устранять ее пробуксовку, убирать просыпавшийся и налипающий материал, подметать под конвейером.

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

Другими причинами получения механических травм могут являться:

- падение на скользком полу, особенно в случаях, когда на полу есть пятна разлитого или вытекшего из оборудования масла и других жидкостей;
- падение с высоты или с неустойчивого основания, на котором стоит человек;
- воздействие роботов и манипуляторов при попадании человека в зону их действия;
- воздействие других, 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. 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. Эти аварии почти всегда имеют техногенное или антропогенно-техногенное происхождение. Большинство аварий обусловлено, как правило, ошибочными действиями людей. Так, по данным ИКАО, причины авиационных катастроф распределяются следующим образом:

- 1) действия пилотов - 75-80%;
- 2) неправильное управление полетом с земли - 3-6%;
- 3) ошибки метеослужб - 5-6%;
- 4) техническая неисправность самолетов - 10-12%;
- 5) другие причины - 2-5%.

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

5.4. Региональные и глобальные чрезвычайные опасности

Чрезвычайные опасности, спонтанно возникая и обладая высокими уровнями воздействия человека, как правило, травмируют большие группы людей, а промышленные объекты, селитебные зоны и природу разрушают. Основными источниками таких опасностей являются:

- 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;
- влияние стихийных природных явлений, способных вызывать аварии и катастрофы на промышленных и иных объектах.

Для России в силу особенностей, связанных со структурными изменениями в экономике, к числу источников чрезвычайной техногенной опасности также относятся:

- остановка ряда производств, обусловившая 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.

Основными причинами крупных техногенных аварий в последние годы являются:

1) отказ технических систем из-за 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;

2) ошибочные действия операторов технических систем; статистические данные показывают, что более 60% аварий произошло в результате ошибок обслуживающего персонала;

3) 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.

Далее мы рассмотрим различные виды аварий подробнее.

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 энергетики, в медицине и промышленной радиографии. Особое место среди них занимает Чернобыльская трагедия 1986 г. Это крупнейшая техногенная катастрофа XX в. Только в России общая площадь радиоактивного загрязнения с плотностью свыше 1 Ки/км^2 по цезию-137 достигает более 50 тыс. км^2 . На этих территориях в настоящее время проживает более трех миллионов 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 которым относятся:

- предприятия, осуществляющие добычу ядерного топлива, его переработку, транспортировку топлива и его отходов;
- системы ядерного оружия, заводы по их производству, переработке и склады (базы) такого оружия;
- атомный военный и гражданский флоты;
- предприятия по изготовлению тепловыделяющих элементов;
- 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. Они классифицируются по различным признакам: физическим, конструктивным, по составу и размещению ядерного горючего, по типу замедлителя нейтронов и горючего, по назначению и т.д. Принципиальные схемы устройства большинства реакторов во многом одинаковы. 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) и два других - плутоний-239 и уран-238 (их получают искусственным путем в процессе ядерного топливного цикла). Конечной целью цикла является получение электричества или теплоты. Схема АЭС показана на рис. 5.16.

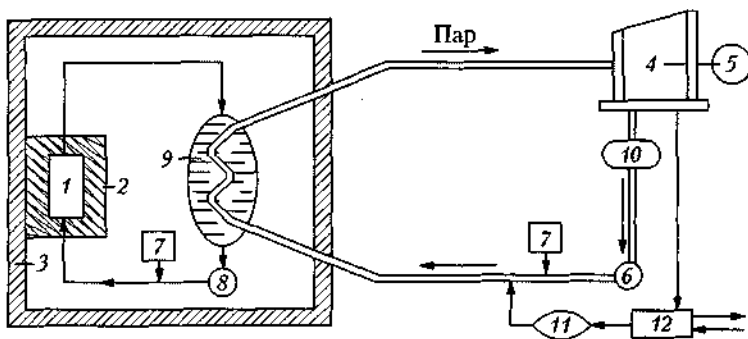


Рис. 5.16. Принципиальная технологическая схема АЭС:

1 - реактор; 2 - первичная биологическая защита; 3 - вторичная биологическая защита; 4 - турбина; 5 - электрогенератор; 6 - компрессор; 7 - емкость для пополнения теплоносителя; 8 - циркуляционный насос; 9 - парогенератор; 10 - конденсатор; 11 - подогреватель; 12 – сетевой теплообменник.

В отечественной ядерной технологии широкое применение нашли водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР) и водографитовые реакторы канального типа (РБМК - реактор большой мощности канальный, именно последние были установлены на Чернобыльской АЭС).

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. По тем же данным, основные причины аварий сведены в табл. 5.15. Аварии, как правило, приводят к выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду.

Таблица 5.15

Основные причины аварий на АЭС

Причины аварий	Процент 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

На безопасность АЭС могут влиять аварийные ситуации (инциденты) и аварии. В России в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ для оценки значимости с точки зрения безопасности событий, происходящих на ядерных установках и объектах, используется Международная шкала ядерных событий INES (International Nuclear Events Scale). Она

оценивает все нештатные события на ядерных объектах по 8-балльной шкале. За нулевой уровень приняты события, несущественные для безопасности. Далее следуют уровни 1 (аномалия), 2 (инцидент), 3 (серьезный инцидент: очень малый выброс: облучение населения на уровне долей установленных пределов). Уровни, начиная с четвертого, описываются как авария. Уровень 4 - это авария без значительного риска за пределами площадки (незначительный выброс: облучение населения на уровне величин, сравнимых с установленными пределами), 5 - авария с риском за пределами площадки (ограниченный выброс, который, вероятно, потребует частичного осуществления контрмер), 6 - серьезная авария (значительный выброс, который, вероятно, потребует полной реализации запланированных контрмер), 7 - крупная авария (крупный выброс, значительные последствия для здоровья).

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

К высокотоксичным и токсичным химическим веществам относятся 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 относится основная масса химических соединений, которые, по существу, не представляют серьезной 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:

- 1) фосфорорганические соединения (паратион, карбофос, хлорофос, дихлофос и др.);
- 2) карбоматы (севин, карботин и др.);
- 3) хлорорганические соединения (ДДТ, дильдрин, гексохлоран);
- 4) ртутьорганические соединения (метилртуть, ацетат метоксиэтил ртути и др.);
- 5) производные феноксиуксусной кислоты;
- 6) производные дипиридила (паракват, дикват и др.);
- 7) органические нитросоединения (динитроортокрезол - ДНОК, динитрофенол - ДНФ);
- 8) 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, имеющих способность легко переходить в аварийных ситуациях в основное поражающее состояние (пар или тонкодисперсный аэрозоль), при сочетании определенных физико-химических и токсических свойств, а также при крупнотоннажности производства, потребления, хранения и перевозок, может стать причиной массовых поражений людей. Эти химические соединения и относят к АХОВ, воздействие которых на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

Для количественной характеристики различных АХОВ пользуются величинами токсических доз, учитывающих путь проникновения вещества в организм человека. Под токсической дозой в воздушной среде понимается произведение Ct , где C - средняя по времени концентрация вещества в воздухе, t - время пребывания. Для оценки

содержания АХОВ в воздухе применяют токсодозы: PCt_{50} - средняя пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы у 50% пораженных; LCt_{50} - средняя смертельная токсодоза, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных.

Основные физико-химические и токсические характеристики наиболее распространенных АХОВ приведены в табл. 5.16.

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

1. Вещества с преимущественно 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 в слизистых дыхательных путей.

2. Вещества преимущественно общедовитого 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 общедовитого 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.

Таблица 5.16

Основные характеристики АХОВ

Вещество	Плотность, т/м ³		$T_{кип}$, °С	ПДК _{рз} , мг/м ³	PCt ₅₀ , мгмин/л	LCt ₅₀ , мгмин/л
	газа	жидкости				
Аммиак	0,0008	0,681	-33,4	20	15,0	150
Мышьяковистый водород	0,0035	1,64	-62,5	0,1	0,2	6
Фтористый водород	0,0009	0,989	19,4	0,5	4,0	40
Хлорид водорода	0,0016	1,191	-85,1	5	2,0	24
Бромид водорода	0,0035	1,490	-67,8	2,0	2,4	6
Цианид водорода	0,0009	0,689	25,6	3,0	0,2	150
Сероводород	0,0015	0,964	60,4	10,0	1,0	6
Формальдегид	0,001	0,815	-19,3	0,5	0,6	150
Фосген	0,0035	1,420	8,2	0,5	0,55	6
Хлор	0,0032	1,533	-34,1	1	0,6	3,0
Хлорпиктин	0,0057	1,658	113,0	—	0,02	6,0
Хлорциан	0,0021	1,258	12,6	—	0,9	20,0
Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	—	1,2	11,0
Окись этилена	0,0017	0,882	10,7	1,0	2,2	—
Хлористый метил	0,0023	0,983	-23,8	—	10,8	25,0
Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	—	0,2	—
Фосфор трихлор	—	1,570	75,3	—	3,0	—
Окись углерода	0,0012	0,968	-191,6	20,0	20,0	37,5

Вещества удушающего и нейротропного действия. Типичным и наиболее часто встречающимся представителем таких веществ является аммиак. При ингаляционном его воздействии в течение 60 минут с концентрацией 1,5 г/м³ возникает токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы. При концентрации 3,5 г/м³ в течение нескольких минут может проявиться общерезорбтивное действие, а в первые же минуты проявляется раздражающее - 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 и месяцы. В патологический процесс постепенно вовлекаются многие органы, но ведущими являются нарушения центральной нервной и кроветворной систем, работы печени, почек.

Химически опасными объектами (ХОО) называются такие предприятия, где 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 ХОО в нашей стране было более 3300. Наиболее химически опасными регионами России являются: Башкортостан, Воронежская, Волгоградская, Саратовская, Тульская, Нижегородская, Архангельская, Ленинградская и Московская области, города Челябинск, Екатеринбург, Дзержинск, Иркутск. Только в Нижегородской области имеется 188 таких объектов.

Для выявления степени опасности и масштабов последствий возможных химических аварий, а также выработки научно обоснованных подходов к их предотвращению и уменьшению ущерба от них по принятой в РСЧС методике все ХОО подразделяются на четыре класса опасности:

- 1) критический объект;
- 2) чрезвычайно опасный объект;
- 3) очень опасный объект;
- 4) потенциально опасный объект.

Наиболее опасным является первый класс.

- 1) 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 на четыре степени опасности по следующему принципу - в зоне возможного химического заражения проживает: более 50% населения территории;
- 2) от 30 до 50% населения территории;
- 3) от 10 до 30% населения территории;
- 4) 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, их выброшенного количества, 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 (рис. 5.17).

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 (B) жидкости принимается равной 0,05 м по всей площади разлива. Для этих условий радиус очага химического заражения (m) может быть рассчитан по формуле

$$R_{\text{охз}} = 2,52 \sqrt{\frac{M_0}{\rho_B}},$$

где M_0 - масса разлившегося вещества, т; ρ_B - плотность вещества, т/м³.

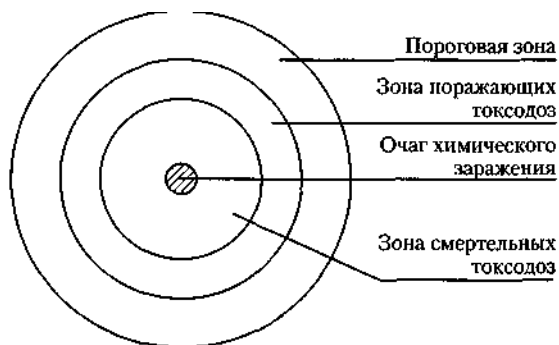


Рис. 5.17. Зоны химического заражения

В зоне смертельных токсодоз 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 полтора-два раза.

Пороговые (дискомфортные) зоны в зависимости от метеоусловий могут иметь различные размеры и форму.

Пожары и взрывы. Пожар - это неконтролируемое горение вне специального очага. Для реализации процесса горения необходимо наличие горючего (Г), окислителя (О) и источника воспламенения (И). Горение возникает при одновременном совпадении в пространстве компонентов Г, О и И. Отсутствие одного из этих компонентов делает процесс горения невозможным, если Г и О не самовоспламеняются.

Горючие вещества. Все горючие вещества разделяют на твердые, жидкие и газообразные. Пожарная опасность горючего вещества определяется его склонностью к возникновению и развитию пожара, характеризующую

температурой вспышки и температурой воспламенения вещества. При этом под температурой вспышки понимается самая низкая температура жидкого горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивого горения при этом не возникает.

Жидкости по температуре вспышки их паров делят на горючие (ГЖ) и легковоспламеняющиеся (ЛВЖ). Наибольшую пожарную опасность представляют смеси горючих газов и паров ЛВЖ. Температура вспышки ЛВЖ не выше 66 °С в открытом тигле; так, температура вспышки керосина равна 28°С, ацетона - 20°С.

Температурой воспламенения горючего вещества называется та температура, при которой вещество выделяет пары и газы со скоростью, необходимой для поддержания устойчивого горения, после удаления источника зажигания.

Температура самовоспламенения - это температура горючего вещества, при которой горение возможно во всем объеме вещества. Температура самовоспламенения некоторых веществ: картон серый - 478 °С, войлок строительный - 498 °С, ацетон - 523°С, этиловый спирт - 568°С, нефть - 573°С, бензин, керосин - 573°С, древесина сосновая - 643°С, дизельное топливо - 653°С, торф кусковой и брикетный - 700°С, мазут - 738°С, хлопок-волокно - 883°С.

Исходя из температур самовоспламенения различают:

- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения выше температуры окружающей среды;
- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения ниже температуры окружающей среды.

Такие вещества представляют наибольшую пожарную опасность, так как могут загораться без внесения теплоты извне. Их называют самовозгорающимися веществами (материалами, смесью веществ), т.е. веществами, склонными к возгоранию в естественных условиях хранения.

Самовозгорающиеся вещества подразделяют на три группы:

– вещества, способные самовозгораться от воздействия воздуха. К ним относят бурые и каменные угли, торф, древесные опилки, обтирочные концы, загрязненные маслами и т.п.;

– вещества способные самовозгораться при действии на них воды (калий, магний, карбид кальция и щелочных металлов, негашеная известь и др.);

– вещества, самовозгорающиеся в результате смешения друг с другом. Хлор, бром, фтор и йод активно соединяются со многими веществами, при этом горение сопровождается сильным выделением теплоты. Ацетилен, водород, метан и этилен в смеси с хлором возгораются при дневном свете, поэтому к хлору предъявляются особые требования по раздельному хранению.

Окислители. На пожарах роль окислителя при горении чаще всего выполняет кислород воздуха, окружающий зону протекания химических реакций, поэтому интенсивность горения определяется не скоростью протекания этих реакций, а скоростью поступления кислорода из окружающей среды в зону горения.

Источники воспламенения. К ним относят: пламя, лучистую энергию, искры, разряды статического электричества, нагретые поверхности и т.п.

Зоны горения, виды и опасные факторы пожаров. Горение представляет собой физико-химический процесс превращения горючих веществ в продукты сгорания, сопровождаемый интенсивным выделением теплоты и светового излучения. В основе горения лежат быстroteкущие химические реакции окисления сгораемых материалов кислородом воздуха с образованием в первую очередь CO_2 и H_2O .

В пространстве, в котором развивается пожар, условно рассматриваются три зоны: горения, теплового воздействия и задымления.

Зоной горения называется часть пространства, в которой происходит подготовка горючих веществ к горению (подогрев, испарение, разложение) и их горение. Различают два основных вида горения: гомогенное и гетерогенное. При гомогенном (пламенном) горении окислитель и горючее находятся в газовой фазе. Гомогенное горение имеет место при сгорании горючего газа или газовых сред, образующихся при испарении горючих жидкостей или при выделении газообразных фракций в результате нагрева твердых веществ. Полученная любым из этих превращений газообразная среда смешивается с воздухом и горит. При гетерогенном (беспламенном) горении горючее находится в твердом состоянии, а окислитель в газообразном. Процесс горения происходит в твердой фазе и проявляется в покраснении твердого вещества в результате экзотермических реакций окисления.

Зоной теплового воздействия называется часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой тепловое воздействие пламени приводит к заметному изменению состояния окружающих материалов и конструкций и делает невозможным пребывание в ней людей без средств специальной защиты.

Зоной задымления называется часть пространства, в которой от дыма создается угроза жизни и здоровью людей.

Опасные факторы пожаров. К основным параметрам пожаров относятся пожарная нагрузка, массовая скорость выгорания, скорость распространения пожара, температура пожара, интенсивность выделения теплоты и др.

Пожарная нагрузка характеризует энергетический потенциал сгораемых материалов, приходящихся на единицу площади пола или участка земли. Она измеряется в единицах энергии или в единицах массы сгораемых материалов (в

пересчете на древесину) на единице площади - Дж/м^2 , кг/м^2 . Пересчет на древесину осуществляется исходя из того, что при сгорании 1 кг древесины в среднем выделяется 18,8 МДж энергии.

Массовая скорость выгорания - потеря массы горючего материала в единицу времени. Она зависит от отношения площади поверхности горения веществ к их объему, плотности упаковки, условий газообмена и других причин. Например, скорость выгорания мебели - 50, бревен и крупных деревянных элементов - 25, пиломатериалов в штабелях - $400 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$.

Скорость распространения пожара определяется скоростью распространения пламени по поверхности горючего материала. Она зависит от вида материала, его способности к воспламенению, начальной температуры, направления газового потока, степени измельчения материала и др. Скорость распространения пламени варьируется в широких пределах в зависимости от угла наклона поверхности: при угле наклона 90° скорость распространения пламени вниз в два раза меньше средней скорости для горизонтальной поверхности данного материала, а вверх - в восемь - десять раз больше.

Скорость распространения пламени в смесях газов, используемых в промышленности, равна:

- углевоздушные смеси - $0,3\text{--}0,5 \text{ м/с}$;
- водородовоздушная смесь - $2,8 \text{ м/с}$;
- водородокислотная смесь - $13,8 \text{ м/с}$;
- ацетиленокислородная смесь - $15,4 \text{ м/с}$.

Возможность возгорания конструкций и материалов под действием потоков горячего воздуха и лучистого излучения пожара, а также безопасное удаление людей от очага пожара являются главными показателями, характеризующими обстановку при пожарах. Пожары подразделяют:

1) по признаку изменения площади: распространяющиеся и нераспространяющиеся;

2) по условиям массо- и теплообмена с окружающей средой: в ограждениях (внутренние пожары) и на открытой местности (открытые пожары).

Большинство *внутренних пожаров*, связанных с горением твердых материалов, начинается с возникновения локального открытого пламенного горения. Постепенно увеличивается температура горючего материала вблизи зоны горения, интенсифицируются физико-химические процессы горения, растет факел пламени, горение переходит в общее в пределах помещения; при достижении температуры примерно 100 °С начинается разрушение оконных стекол и в связи с этим существенно изменяется газообмен, горение усиливается и пламя начинает выходить за пределы помещения, что может явиться причиной загорания соседних сооружений.

Распространение пламени на соседние здания и сооружения возможно также за счет излучения и переброса на значительные расстояния горящих конструктивных элементов (головни) или несгоревших частиц (искры).

За пределами помещений, в которых возник пожар, температура продуктов горения может быть не критичной для человека, но содержание продуктов сгорания в воздухе может стать опасным. Это характерно для высоких зданий и зданий коридорной системы, в которых опасность для человека наступает через 0,5-6 мин после начала пожара, поэтому при пожаре необходима немедленная эвакуация.

Показатель опасности при внутреннем пожаре - время, по истечении которого возникают критические ситуации для жизни людей. Время эвакуации, при превышении которого могут сложиться такие ситуации, называется критическим временем эвакуации. Различают критическое время по температуре (это время очень мало, так как опасная для человека температура невелика и составляет 60°С), критическое время по образованию опасных концентраций вредных веществ (скорость распространения продуктов

сгорания по коридорам равна 30 м/мин), критическое время по потере видимости (задымлению).

Необходимость срочной эвакуации определяется также тем обстоятельством, что пожары могут сопровождаться взрывами, деформациями и обрушением конструкций, вскипанием и выбросом различных жидкостей, в том числе легковоспламеняющихся и сильно ядовитых.

К *открытым* относятся пожары газовых и нефтяных фонтанов, складов древесины, пожары на открытых технологических установках, пожары на складах каменного угля и др. Общей особенностью всех открытых пожаров является отсутствие накопления теплоты в газовом пространстве. Теплообмен происходит с неограниченным окружающим пространством, газообмен не ограничивается конструктивными элементами зданий и сооружений, он более интенсивен. Процессы, протекающие на открытых пожарах, в значительной степени зависят от интенсивности и направления ветра.

Зона горения на открытом пожаре в основном определяется распределением горючих веществ в пространстве и формирующими зону горения газовыми потоками. Зона теплового воздействия - в основном определяется *лучистым тепловым потоком*, так как конвективные тепловые потоки уходят вверх и мало влияют на зону теплового воздействия на поверхности земли. За исключением лесных и торфяных пожаров зона задымления на открытых пожарах несущественно препятствует тушению пожаров. В среднем максимальная температура пламени открытого пожара для горючих газов составляет 1200-1350, для жидкостей – 1100-1300 и для твердых горючих материалов органического происхождения - 1100-1250°С.

По масштабам и интенсивности открытые пожары можно подразделить на:

- 1) отдельный пожар, возникающий в отдельном здании (сооружении) или в небольшой группе зданий;
- 2) сплошной пожар, характеризующийся одновременным интенсивным горением преобладающего числа зданий и сооружений на определенном участке застройки (более 50%);
- 3) 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);
- 4) массовый пожар, образующийся при наличии в местности совокупности отдельных и сплошных пожаров.

Распространение пожаров и превращение их в сплошные определяется плотностью застройки территории объекта.

При открытых пожарах главным источником распространения пожара является лучистый теплообмен. Плотность лучистого теплового потока Q_l (Вт/м²) зависит от большого числа факторов, характеризующих как сам процесс формирования теплового излучения, так и его воздействие на окружающие тела. Учесть каждый из этих факторов в аналитическом выражении, описывающем процесс теплообмена, не представляется возможным, поэтому при проведении расчетов учитываются только основные из них. Расчеты проводят по формуле Стефана - Больцмана:

$$Q_l = C_{\text{пр}} \varepsilon F_1 \psi \{ (T_2/100)^4 - (T_1/100)^4 \},$$

где $C_{\text{пр}}$ - приведенный коэффициент излучения (для практических расчетов $C_{\text{пр}} \approx 4,9$ Вт/(м²·К⁴)); ε - приведенная степень черноты окружающих предметов; F_1 - площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м²; ψ - коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени; T_1 - средняя температура самовоспламенения нагреваемых поверхностей, К; T_2 - средняя температура пламени, К.

Величины, необходимые для расчета по формуле, приведены ниже:

Горючий материал	Средняя температура пламени, К
Торф, мазут	1273
Древесина, нефть, керосин, дизельное топливо	1373
Каменный уголь, каучук, бензин	1473
Антрацит, сера	1573
Горючие газы	1773

Приведенная степень черноты определяется по степени черноты ($\epsilon_{\text{пр}}$) факела пламени ($\epsilon_{\text{п}}$) и степени черноты облучаемого материала ($\epsilon_{\text{м}}$) по формуле

$$\epsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\epsilon_{\text{п}}} + \left(\frac{S_1}{S_2} \right) \left(\frac{1}{\epsilon_{\text{м}}} - 1 \right) \right]},$$

где S_1 и S_2 - площадь факела и облучаемой поверхности.

Степень черноты факела пламени при горении различных материалов:

Каменный уголь, древесина, торф	0,7
Мазут, нефть	0,85
Бензин, керосин, дизельное топливо	0,98

Степень черноты различных материалов:

Сталь листовая	0,6
Медь окисленная	0,95
Резина твердая	0,86
Резина мягкая	0,9
Дерево строганое, картон, торф	0,93
Толь кровельный	0,9
Кожа человека	0,95

Взаимное размещение факела пламени и облучаемого тела учитывается с помощью коэффициента ψ . Значение этого коэффициента зависит от формы и размеров факела пламени, а также от расположения облучаемой элементарной площадки по отношению к факелу пламени. Пламя имеет довольно

сложную, изменяющуюся во времени форму, но в практических расчетах факел пламени условно заменяется прямоугольной площадкой, размещение которой по отношению к облучаемому телу рассматривается так, как это показано на схеме, приведенной на рис. 5.18.

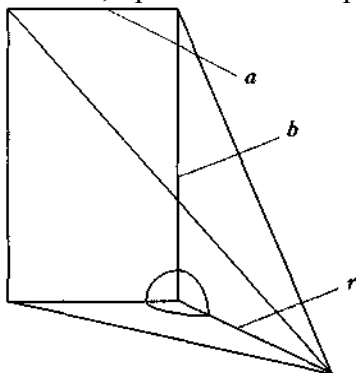


Рис. 5.18. Расчетная схема для определения значения ψ_{12} (облучаемая элементарная площадка расположена на расстоянии r по нормали от одного из углов площадки, заменяющей факел пламени)

Значение ψ , соответствующее такой схеме, может быть определено по формуле: $\psi = 4\psi_{12}$ (в случае, когда элементарная площадка расположена напротив геометрического центра излучающей поверхности); $\psi = 2\psi_{12}$ (в случае, когда элементарная площадка расположена на уровне нижней кромки излучающей поверхности):

$$\psi_{12} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} \arctg \frac{b}{\sqrt{a^2+r^2}} + \frac{b}{\sqrt{a^2+r^2}} \arctg \frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} \right).$$

Значение плотности теплового потока существенно зависит от продолжительности воздействия. Минимально необходимая для возгорания материала плотность теплового излучения, воздействующая на тело в течение определенного времени, называется критической ($Q_{\text{л.кр.}}$) и определяется в лабораторных экспериментах. В табл. 5.18 приведены значения $Q_{\text{л.кр.}}$ для

различных материалов при продолжительности воздействия 3, 5 и 15 мин.

Таблица 5.18

Значения критической плотности теплового потока, Вт/м²

Материал	Продолжительность облучения, мин		
	3	5	15
Древесина с шероховатой поверхностью	20 600	17 500	12 900
Древесина, окрашенная масляной краской	26 700	23 300	17 500
Картон серый	18 000	15 200	10 800
Стеклопластик	19 400	18 600	15 300
Резина	22 600	19 200	14 800

Взрыв - быстро протекающий процесс физического или химического превращения веществ, сопровождающийся высвобождением большого количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется и распространяется ударная волна, способная создать угрозу жизни и здоровью людей, нанести материальный ущерб, ущерб окружающей среде и стать источником ЧС.

Источником энергии при взрыве могут быть как химические, так и физические процессы. В большинстве взрывов источником выделения энергии являются химические превращения веществ, связанные с окислением. Существует много веществ, которые в нормальных условиях достаточно устойчивы и могут находиться в твердом, жидком, газообразном или аэрозольном состоянии. Однако в результате инициирующего воздействия (теплотой, трением, ударом или каким-либо другим способом) в них начинаются экзотермические процессы, протекающие с большой скоростью и приводящие к взрывчатому превращению.

Наиболее распространенными конденсированными взрывчатыми веществами (ВВ) являются тротил, гексоген, дымный порох, пироксилин, амматол, октоген и некоторые

другие. Взрывы конденсированных ВВ протекают в режиме детонации, при котором взрывная волна в заряде распространяется с постоянной скоростью. Скорости детонации находятся в пределах от 1,5 до 8 км/с, а давление в эпицентре взрыва достигает 20-38 ГПа.

Примерами взрывов, энергосодержание при которых обусловлено физическими процессами, могут служить аварийное выливание расплавленного металла в воду, при котором испарение протекает взрывным образом вследствие чрезвычайно быстрой теплоотдачи, и взрывы сжатых или сжиженных газов. В этом случае энергия определяется процессами, связанными с адиабатическим расширением парогазовых сред и перегревом жидкостей.

На промышленных предприятиях наиболее взрывоопасными являются образующиеся в нормальных или аварийных ситуациях газовоздушные (ГВС) и пылевоздушные (ПлВС) смеси.

Из ГВС наиболее опасны взрывы смесей углеводородных газов с воздухом, а также паров легковоспламеняющихся жидкостей. Взрывы ПлВС происходят на мукомольном производстве, на зерновых элеваторах, при обращении с красителями, при производстве пищевых продуктов, в текстильной промышленности и т.п.

На практике чаще других встречаются свободные воздушные, наземные (приземные) взрывы, взрывы внутри помещений (внутренние), а также взрывы больших облаков ГВС. Суммарное выделение энергии при взрыве оценивается энергетическим потенциалом взрыва.

К *свободным воздушным* относят взрывы, происходящие на значительной высоте от поверхности земли, когда не происходит усиления ударной волны между центром взрыва и объектом за счет отражения. Взрывная волна ослабляется по мере ее распространения, и по характеру воздействия на окружающую среду образуются три зоны: ближайшая,

промежуточная и слабого взрыва. Ближайшая к источнику зона характеризуется огромными давлениями и температурами. В промежуточной зоне, в которой избыточное давление достаточно велико, возможны тяжелые разрушения и смертельные поражения людей. В зоне слабого взрыва вероятны средние и слабые разрушения и поражения людей средней степени тяжести.

Основным параметром, определяющим поражающее воздействие ударной волны на людей и объекты, является избыточное давление во фронте ударной волны ΔP_{ϕ} . Оно зависит от массы M заряда ВВ в тротиловом эквиваленте (кг) и от расстояния x от центра взрыва до объекта (м). Для практических расчетов зависимость избыточного давления взрыва от расстояния, массы заряда и вида взрыва определяется формулой:

$$\Delta P_{\phi} = 0,84 \frac{\sqrt[3]{M}}{x} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{M^2}}{x^2} + 0,7 \frac{M}{x^3}, \text{ МПа.}$$

Наземные и приземные взрывы. Если взрыв происходит на поверхности земли, то воздушная ударная волна от него усиливается за счет отражения. Параметры ударной волны рассчитывают по формуле свободного воздушного взрыва, однако величину избыточного давления взрыва удваивают.

Более сложные процессы происходят при взрывах в приземных слоях атмосферы. При этих взрывах образуются сферические воздушные ударные волны, распространяющиеся в пространстве в виде области сжатия - разряжения (рис. 5.19).

Фронт воздушной ударной волны характеризуется скачком давления воздуха, при достижении сферической ударной волны земной поверхности она отражается от нее, что приводит к формированию отраженной волны. На некотором расстоянии от эпицентра взрыва фронты прямой и отраженной ударных волн сливаются, образуя головную волну, имеющую фронт, нормальный к поверхности Земли и перемещающийся вдоль ее поверхности. Область пространства, где отсутствует наложение и слияние фронтов, называется *зоной регулярного отражения*,

а область пространства, в которой распространяется головная волна, - *зоной нерегулярного отражения*.

С момента прихода фронта воздушной ударной волны в точку на земной поверхности давление резко повышается до максимального значения $\Delta P_{\text{ф}}$, а затем убывает до атмосферного P_0 и ниже. Период повышенного избыточного давления называется фазой сжатия, а период пониженного давления - фазой разрежения.

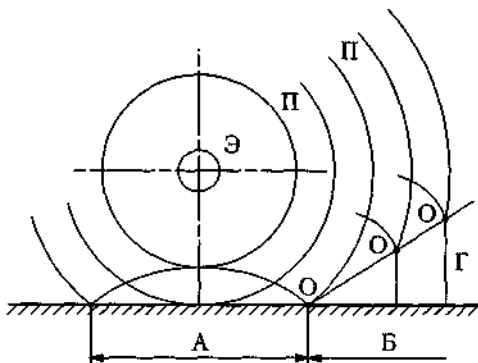


Рис. 5.19. Волнообразование при воздушном взрыве в приземной зоне:

Э - эпицентр взрыва; П - фронт падающей волны; О - фронт отраженной волны; А - зона регулярного отражения; Б - зона нерегулярного отражения; Г - фронт головной ударной волны

Действие воздушной ударной волны на здания и сооружения определяется не только избыточным давлением, но и скоростным напором воздушных масс.

Внутренний взрыв характеризуется тем, что нагрузка воздействует на объект изнутри. Возникающие нагрузки зависят от многих факторов: типа взрывчатого вещества, его массы, полноты заполнения внутреннего объема помещения взрывчатым веществом, его местоположения во внутреннем объеме и т. д. Полное решение задачи определения параметров

взрыва является сложной задачей. Ориентировочно оценку возможных последствий взрывов внутри помещения можно производить по величине избыточного давления, возникающего в объеме производственного помещения.

Для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей избыточное давление взрыва рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \left[\frac{100 M_T Z}{\rho_{\Gamma} V_{CB} C_{CT} K_H} \right],$$

где P_{max} - максимальное давление взрыва стехиометрической газовойздушной или паровойздушной смеси в замкнутом объеме; определяется экспериментально или по справочным данным, при отсутствии данных его допускается принимать равным 900 кПа; P_0 - начальное давление (допускается принимать равным 101 кПа); M_T - масса горючего газа или паров легковоспламеняющейся или горючей жидкости, поступивших в результате аварии в помещение, кг; Z - доля участия взвешенного дисперсного продукта во взрыве; ρ_{Γ} - плотность газа, кг/м³; V_{CB} - свободный объем помещения в м³, он определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием (если свободный объем помещения определить невозможно, то его принимают условно равным 80% геометрического объема помещения); C_{CT} - стехиометрический коэффициент; K_H - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, его допускается принимать равным 3.

Избыточное давление взрыва для химических веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = \frac{M H_{\Gamma} P_0 Z}{V_{CB} \rho_{\Gamma} T_0 K_H C_p},$$

где H_{Γ} - теплота сгорания, Дж/кг⁻¹; ρ_{Γ} - плотность воздуха до взрыва при начальной температуре, кг/м³; C_p - удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кгК); допускается принимать

равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг·К); T_o - начальная температура воздуха, К.

Избыточное давление взрыва для горючих пылей определяют по формуле, где при отсутствии данных коэффициент Z принимается равным 0,5. Расчет избыточного давления взрыва для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, проводят по этой же формуле, принимая $Z=1$.

Основные параметры взрыва некоторых аэрозолей приведены в табл. 5.19 (НКПВ - нижний концентрационный предел воспламенения аэрозолей или предел распространения пламени).

Таблица 5.19

Основные параметры взрыва аэрозолей

Материал	H_u , кДж/кг	Дисперс- ность, мкм	НКПВ, г/м ³	ΔP , кПа
Полиэтилен	47 100	250	45,0	630
Полистирол	39 800	20—70	27,5	590
Метилцеллюлоза	11 800	850	30,0	660
Нафталин	39 900	100	2,5	651
Фталевый ангидрид	21 000	74	12,6	750
Сера	8200	8,5	2,3	406
Алюминий	30130	—	58,0	830

Расчетное избыточное давление взрыва для гибридных взрывоопасных смесей, содержащих газы (пары) и пыли, находят по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где ΔP_1 - давление взрыва, вычисленное для газа (пара); ΔP_2 - давление взрыва, вычисленное для пыли.

Взрыв (горение) газового облака. Причиной взрывов могут быть большие газовые облака, образующиеся при утечках или внезапном разрушении герметичных емкостей, трубопроводов и т.п. Инициаторы горения или взрыва в этих случаях носят чаще всего случайный характер, причем

воспламенение не всегда сопровождается взрывом. Процесс взрыва или горения таких газовых облаков имеет ряд специфических особенностей, что приводит к необходимости рассмотреть эти процессы отдельно.

При плохом перемешивании газообразных веществ с атмосферным воздухом взрыва вообще не наблюдается. В этом случае при воспламенении газо- или паровоздушной смеси от места инициирования с дозвуковой скоростью будет распространяться «волна горения». Так как распространение пламени происходит со сравнительно низкой скоростью, в волне горения давление не повышается. В таком процессе имеет место только расширение продуктов горения за счет их нагрева в зоне пламени, и давление успевает выровняться по всему объему. Медленный режим горения облака с наружной поверхности с большим выделением лучистой энергии может привести к образованию очагов пожаров.

При оценке разрушительного действия взрыва газового облака в открытом пространстве необходимо определить избыточное давление (скоростной напор) во фронте пламени. Если пламя распространяется от точечного источника зажигания в неограниченном пространстве, то оно имеет форму, близкую к сфере. Для пламени предельных углеводородов скоростной напор в открытом пространстве может достигать 26 кПа.

По избыточному давлению взрыва можно ориентировочно оценить степень воздействия ударной волны на людей (табл. 5.20).

При количественной оценке степени поражения применены средние значения давлений, вызывающие ту или иную степень поражения у 50% пострадавших.

По международным нормам опасным для человека является избыточное $\Delta P \geq 6,9$ кПа.

**Давления ударной волны,
вызывающие поражения человека**

ΔР, кПа	Результат воздействия
20	Разрывы барабанных перепонок. Небольшие кровоизлияния в легкие (поражения 1-й степени)
50	Кроме указанного выше, общее сотрясение организма, болезненный удар по голове, кровоизлияние в легкие, межмышечное кровоизлияние, гиперемия мозга, иногда перелом ребер (поражения 2-й степени)
70	Давление, трудно переносимое организмом, вызывающее состояние контузии (поражение 3-й степени)
100 и более	Переломы ребер, летальный исход (поражения 4-й степени)

Пожары и взрывы достаточно часто взаимосвязаны в пространстве и времени. Так, при пожаре возможны взрывы нагреваемых емкостей со сжатыми и сжиженными газами, емкостей с ЛВЖ, а при взрыве, например, бытового газа, возможно возгорание окружающих горючих веществ. Отметим, что взрывы природного газа (магистрального и подаваемого из баллонов) в жилых помещениях - довольно частое событие, которое возникает из-за попадания газа в объем помещения в количестве выше НКПВ (для бытового газа НКПВ = 2% объема) при появлении источника воспламенения (пламени, искры и т.п.).

5.5. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности

Антропогенные опасности - это опасности, связанные с неправильными или несанкционированными действиями людей (групп лиц). Негативные воздействия отдельного человека на природу и себе подобных ограничены его низкими энергетическими возможностями. Однако влияние человека на окружающий мир многократно возрастает, когда человек взаимодействует с техническими системами или современными технологиями. В этом случае опасности следует называть

антропогенно-техногенными. Яркими примерами таких опасностей являются катастрофы на ЧАЭС, Саяно-Шушенской ГЭС.

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 2018 г., число наркоманов оценивается в 550 тыс. чел., состоящих на диспансерном учете. Но это только те люди, которые официально зарегистрированы и находятся под наблюдением в наркологических диспансерах. А по экспертным оценкам - более 2,5 млн. россиян.

Серьезную опасность для человека представляет потребление алкоголя. По данным ВОЗ, в 2017 г. среднегодовое потребление алкоголя россиянами составило 10,3 л 100% безводного спирта на человека в год. Между тем, если этот показатель превышает 8 л, начинается угасание этноса.

Отметим, что 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 из-за отличий в их происхождении и из-за 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.

Практическое задание №5

Оценка обстановки при пожаре на объекте экономики

5.1. Условие задания

Оценить методом прогноза обстановку при пожаре на объекте экономики для условий, приведенных в таблице вариантов исходных данных: рассчитать расстояния от очага горения, на которых возможно получение человеком поражения различной степени в течение определенного времени.

5.2. Проведение расчетов

Исходные данные:

Вид объекта – штабель;

Вид материала – пиломатериалы;

Длина объекта горения – $l = 20$ м;

Высота объекта горения – $h = 1$ м;

Степень поражения – ожог второй степени;

Время воздействия на человека теплового потока пламени пожара – до 1 с.

5.2.1. В соответствии с заданными значением времени воздействия на человека теплового потока пламени пожара и степени поражения (ожога) по таблице 5.1 определим критическую плотность потока излучения пламени пожара $q_{кр} = 40,0$ кВт/м².

5.2.2. Рассчитаем протяженность зоны теплового воздействия пожара R (м) по формуле:

$$R = 0,282 \cdot R^* \cdot \sqrt{\frac{q_{собр}}{q_{кр}}}, \quad (5.1)$$

где R^* – приведенный размер очага горения (м), равный:

$\sqrt{lh}$ – для горящих зданий;

$2\sqrt{lh}$ – для штабеля пиленого леса;

l – длина объекта горения, м;

h – высота объекта горения;

$D_{\text{РЕЗ}}$ – для горения резервуара;

$8 D_{\text{РЕЗ}}$ – для горения резервуара с нефтепродуктов;

$D_{\text{РЕЗ}}$ – диаметр резервуара, м;

$q_{\text{СОБ}}$ – плотность потока пламени пожара (кВт/м^2)
определяется по таблице 5.2;

$q_{\text{КР}}$ – критическая плотность потока излучения пламени пожара, падающего на облучаемую поверхность (кВт/м^2).

В нашем случае приведенный размер очага горения $R^* = 2\sqrt{lh} = 2\sqrt{20 \cdot 1} \approx 2 \cdot 4,472 = 8,944$.

Учитывая, что $q_{\text{КР}} = 40,0 \text{ кВт/м}^2$, а $q_{\text{СОБ}} = 150 \text{ кВт/м}^2$ (по таблице 5.2), можно рассчитать $R = 0,282 \cdot 8,944 \cdot \sqrt{\frac{150}{40}} \approx 2,522 \cdot \sqrt{3,75} \approx 2,522 \cdot 1,936 \approx 4,88$.

Итак, протяженность зоны теплового воздействия пожара составляет 4,88 м.

5.3. Справочные материалы для проведения расчетов

Таблица 5.1.

Значения времени при критических значениях плотности потока падающего излучения (в секундах)

$q_{\text{КР}}, \text{кВт/м}^2$	Ожог I степени	Ожог II степени
40,0	$\ll 1,0$	$< 1,0$
35,0	$< 1,0$	1,0
30,0	1,0	2,0
20	2,0	3,0
15	4,0	5,0
10	6,0	9,0
5	16,0	25,0
4,2	20,0	40,0
1,5	безопасно	безопасно

Таблица 5.2.

**Плотность потока пламени излучения пламени
(в киловаттах на метр в квадрате)**

Вещество, материал	$q_{\text{сое}}$
Ацетон	1200
Бензол	2500
Бензин	1780 – 2200
Керосин	1520
Мазут	1300
Нефть	874
Пиломатериалы	150

Оценка последствий выброса токсических веществ в результате аварии на химически опасном объекте, расположенном в районе размещения объекта экономики

5.1. Условие задания

Оценить методом прогноза последствия выброса токсических веществ (аварийно химически опасных веществ – АХОВ) в результате аварии на химически опасном объекте, расположенном в районе размещения объекта экономики для условий, приведенных в таблице вариантов исходных данных:

- 1) продолжительность поражающего действия АХОВ;
- 2) глубину зоны заражения;
- 3) площадь зоны заражения;
- 4) вид зоны заражения;
- 5) структуру зоны заражения по видам поражения людей.

5.2. Проведение расчетов

Исходные данные:

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ) – оксид этилена;

Масса выброшенного АХОВ – $Q = 100$ т;

Температура воздуха – $t_B = 0^\circ$;

Скорость ветра – $u = 11$ м/с;

Время суток – утро;

Характер облачности – ясно;

Время, прошедшее после аварии – $\tau = 0,5$ ч.

5.2.1. В соответствии с заданными типом АХОВ – оксид этилена, значений температуры воздуха $t_B = 0$ С⁰ и скорости ветра $u = 11$ м/с определим значение удельной плотности АХОВ ρ (т/м³), коэффициентов учета физико-химических свойств АХОВ k_2 , температуры воздуха k_7 и учета скорости ветра k_4 .

По таблице 6.1 имеем $\rho = 0,862$ т/м³; $k_1 = 0,05$; $k_2 = 0,041$; $k_3 = 0,27$.

По таблице 6.2 с учетом типа АХОВ и температуры воздуха находим для k_7 интервал (0;0,7), длина которого $k_7 = \frac{0+0,7}{2} = 0,35$, а по таблице 6.3 с учетом скорости ветра находим $k_4 = 4 + \frac{5,68-4}{5} = 4,336 \approx 4,34$.

Итак, $\rho = 0,862$ т/м³; $k_1 = 0,05$; $k_2 = 0,041$; $k_3 = 0,27$; $k_4 = 4,34$.

5.2.2. Рассчитаем продолжительность поражающего действия АХОВ $\tau_{ЗАР}$ (ч) по формуле:

$$\tau_{ЗАР} = \frac{h \cdot \rho}{k_2 \cdot k_4 \cdot k_7}, \quad (5.1)$$

где h – толщина слоя разлившегося АХОВ, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива.

$$\tau_{ЗАР} = \frac{0,05 \cdot 0,862}{0,041 \cdot 4,34 \cdot 0,35} \approx 0,69.$$

Продолжительность поражающего действия оксида этилена толщиной разлившегося слоя 5 см составляет 0,69 часа (примерно 41 минута).

5.2.3. С учетом времени суток, характера облачности и значения скорости ветра по таблице 6.4 определим степень вертикальной устойчивости атмосферы – это *изотермия*.

5.2.4. В зависимости от полученной в п. 6.2.3 степени вертикальной устойчивости атмосферы определим значение коэффициента ее учета k_5 :

инверсия...	1;
изотермия...	0,23;
конвекция...	0,08.

Так как в нашем случае степень вертикальной устойчивости атмосферы изотермия, то $k_5 = 0,23$.

5.2.5. По заданному значению времени, прошедшего после аварии $\tau = 0,5$ ч и рассчитанной в п. 6.2.2 продолжительности поражающего действия АХОВ $\tau_{3AP} = 0,69$ ч, рассчитать значение коэффициента k_6 по формуле:

$$k_6 = \begin{cases} \tau^{0,8} & \text{при } \tau < \tau_{3AP} \\ \tau_{3AP}^{0,8} & \text{при } \tau > \tau_{3AP} \end{cases}, \quad (5.2)$$

при этом:

если $\tau_{3AP} > 4$ ч, то $k_6 = 3,031$;

если $\tau_{3AP} < 1$ ч, то $k_6 = 1$.

Учитывая, что $\tau < \tau_{3AP}$ и $\tau_{3AP} = 0,69 < 1$ ч, принимаем $k_6 = 1$.

5.2.6. С учетом заданного значения массы разлившегося (выброшенного) АХОВ $Q = 100$ т рассчитаем эквивалентные количества АХОВ по первичному $Q_{\Sigma 1}(t)$ и вторичному $Q_{\Sigma 2}(t)$ облакам по формулам:

$$Q_{\Sigma 1} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot Q, \quad (5.3)$$

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - k_1) \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot \frac{Q}{h\rho}, \quad (5.4)$$

Учитывая, что $\rho = 0,862$ т/м³; $h = 0,05$ м; $k_1 = 0,05$; $k_2 = 0,041$; $k_3 = 0,27$; $k_4 = 4,34$; $k_5 = 0,23$; $k_6 = 1$; $k_7 = 0,35$, получаем:

$$Q_{\Sigma 1} = 0,05 \cdot 0,27 \cdot 0,23 \cdot 0,35 \cdot 100 = 0,11 \text{ т}$$

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - 0,05) \cdot 0,041 \cdot 0,27 \cdot 4,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,35 \cdot \frac{100}{0,05 \cdot 0,862} = 8,52.$$

Эквивалентные количества АХОВ по первичному облаку $Q_{\Sigma 1} = 0,11$ т и вторичному облаку $Q_{\Sigma 2} = 8,52$ т.

5.2.7. С использованием рассчитанных значений $Q_{\Sigma 1}$, $Q_{\Sigma 2}$ и заданного значения скорости ветра $u = 11$ м/с определим по таблице 6.5 глубину зоны возможного заражения первичным облаком $\Gamma_1 = 0,36$ км и по таблице 6.6 глубину зоны

возможного заражения вторичным облаком $\Gamma_2 = 6,2$ км (принимая самое маленькое значение из представленных).

5.2.8. По полученным значениям глубин зон возможного заражения рассчитаем значение полной глубины зоны заражения $\Gamma_{ЗАР}$ (км) по формулам:

$$\Gamma_{ЗАР} = \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2, \text{ если } \Gamma_1 > \Gamma_2, \quad (5.5)$$

$$\Gamma_{ЗАР} = \Gamma_2 + 0,5 \cdot \Gamma_1, \text{ если } \Gamma_1 < \Gamma_2, \quad (5.6)$$

Учитывая получившиеся в п. 6.2.7 значения $\Gamma_1 = 0,36$ км и $\Gamma_2 = 6,2$ км, то есть $\Gamma_1 < \Gamma_2$, рассчитаем $\Gamma_{ЗАР} = \Gamma_2 + 0,5 \cdot \Gamma_1 = 6,2 + 0,5 \cdot 0,36 = 6,38$ км.

Значение полной глубины зоны заражения составляем 6,38 км.

5.2.9. С использованием определенной в п. 6.2.3 степени вертикальной устойчивости атмосферы (*изотермия*) и заданного значения скорости ветра $u = 11$ м/с определим по таблице 6.7 скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха – 65 км/ч.

5.2.10. Рассчитаем предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{ПРЕД}$ (км) по формуле:

$$\Gamma_{ПРЕД} = u \cdot \tau, \quad (5.7)$$

где u – скорость ветра, м/с;

τ – время, прошедшее после аварии, ч.

Подставим значения исходных данных $u = 11$ м/с и $\tau = 0,5$ ч $= 0,5 \cdot 3600$ с $= 1800$ с, получаем $\Gamma_{ПРЕД} = 11 \text{ м/с} \cdot 1800 \text{ с} = 19800 \text{ м} = 19,8$ км.

Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс составляет 19,8 км.

5.2.11. Определим истинную глубину зоны заражения Γ (км) по формуле:

$$\Gamma = \min \{ \Gamma_{ЗАР}, \Gamma_{ПРЕД} \}, \quad (5.8)$$

где $\Gamma_{ЗАР}$ – вычисленное в п. 6.2.8 значение полной глубины зоны заражения, $\Gamma_{ЗАР} = 6,38$ км;

$\Gamma_{ПРЕД}$ – вычисленное в п. 6.2.10 предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс, $\Gamma_{ПРЕД} = 19,8$ км.

$$\Gamma = \min \{6,38, 19,8\} = 6,38.$$

Истинная глубина зоны заражения 6,38 км.

5.2.12. По заданному значению скорости ветра $u = 11$ м/с по таблице 6.8 определим угловые размеры зоны возможного заражения $\varphi = 45^\circ$.

5.2.13. По полученным выше значениям истинной глубины зоны заражения $\Gamma = 6,38$ км, и угловым размерам зоны возможного заражения $\varphi = 45^\circ$ рассчитаем площадь зоны возможного заражения S_B (км²) по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (5.9)$$

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot (6,38)^2 \cdot 45 = 16.$$

Площадь зоны возможного заражения равна 16 км².

5.2.14. В зависимости от полученной в п. 6.2.3 степени вертикальной устойчивости атмосферы (*изотермия*) определим значение коэффициента учета ее влияния на ширину зоны заражения k_8 :

инверсия.....	0,081;
изотермия.....	0,133;
конвекция.....	0,235.

$$k_8 = 0,133.$$

5.2.15. С использованием вычисленного значения истинной глубины зоны заражения $\Gamma = 6,38$ км и времени, прошедшего после аварии $\tau = 0,5$ ч площадь зоны заражения АХОВ $S_{ЗАР}$ (км²) можно рассчитать по формуле:

$$S_{ЗАР} = k_8 \cdot \Gamma^2 \cdot \tau^{0,2}, \quad (5.10)$$

$$S_{ЗАР} = 0,133 \cdot (6,38)^2 \cdot (0,5)^{0,2} = 0,133 \cdot 40,7044 \cdot 0,8706 \approx 4,7.$$

Площадь зоны заражения оксидом этилена составляет 4,7 км².

5.2.16. В соответствии с заданным значение скорости ветра $u = 11$ м/с определим форму зоны заражения:

u, м/с	форма зоны заражения
< 0,5	круг радиусом Γ ;
0,6–1	сектор радиусом Γ и углом при вершине 180° ;
1,1–2,0	сектор радиусом Γ и углом при вершине 90° ;
> 2	сектор радиусом Γ и углом при вершине 45° .

Зона заражения представляет собой сектор радиусом 6,38 км и углом при вершине 45°.

5.2.17. По вычисленному значению истинной глубины зоны заражения $L = 6,38$ км по таблице 6.9 определим границы зон различной степени поражения людей:

Степень поражения	Границы зоны (км)	
	ближняя	дальняя
смертельная	0	1,91
тяжелая, средняя	1,91	3,19
легкая	3,19	4,47
пороговая	4,47	6,38

5.3. Справочные материалы для проведения расчетов

Таблица 5.1

Характеристики АХОВ

Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		k ₁	k ₂	k ₃
	газ	жидкость			
Аммиак:					
хранение под давлен.	0,0008	0,681	0,18	0,025	0,04
изотерм, хранение	—	0,681	0,01	0,025	0,04
Оксиды азота		1,491	0	0,040	0,4
Оксид этилена		0,862	0,05	0,041	0,27
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	0,11	0,049	0,333
Сероводород	0,0015	0,964	0,27	0,042	0,036
Сероуглерод	—	1,263	0	0,021	0,013
Фосген	0,0035	1,432	0,05	0,061	1,0
Хлор	0,0032	1,558	0,18	0,052	1,0

Таблица 5.2

Характеристики АХОВ

Наименование АХОВ	k ₇ при температуре воздуха, °С				
	–40	–20	0	+20	+40
Аммиак:					
хранение под давлен.	0/0,9	0,3/1,0	0,6/1,0	1,0/1,0	1,4/1,0

изотерм, хранение	0/0,9	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0
Оксиды азота	0	0	0,4	1,0	1,0
Оксид этилена	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1,0/1,0	3,2/1,0
Сернистый ангидрид	0/0,2	0/0,5	0,3/1,0	1,0/1,0	1,7/1,0
Сероводород	0,3/1,0	0,5/1,0	0,8/1,0	1,0/1,0	1,2/1,0
Сероуглерод	0,1	0,2	0,4	1,0	2,1
Фосген	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1,0/1,0	2,7/1,0
Хлор	0/0,9	0,3/1,0	0,6/1,0	1,0/1,0	1,4/1,0

Таблица 5.3

Значения коэффициента k_4

$u, \text{ м/с}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
k_4	1,0	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Таблица 5.4.

Степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, пере м. обл.	спло ш. обл.	ясно, пере м. обл.	спло ш. обл.	ясно, пере м. обл.	спло ш. обл.	ясно, пере м. обл.	спло ш. обл.
< 2	инв.	изот.	изот.	изот.	конв.	изот.	изот.	изот.
2–3,9	инв.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.
≥ 4	инв.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.	изот.
Примечание – "инв." – инверсия, "изот." – изотермия, "конв." – конвекция								

Таблица 5.5

Глубина зоны возможного заражения АХОВ, км

$u, \text{ м/с}$	Эквивалентные количества АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,25	0,59	0,84	1,92	2,86	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,29	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92

9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34

Таблица 5.6

Глубина зоны возможного заражения АХОВ, км

и, м/с	Эквивалентные количества АХОВ, т						
	30	50	70	100	300	500	1000
1	38,13	52,67	65,23	89,91	165,0	231,0	363,0
2	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121,0	189,0
3	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130,0
4	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101,0
5	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	9,06	12,10	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
11	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	44,15
12	5,94	7,67	9,07	11,05	20,58	27,61	41,30
13	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	38,90
14	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	36,81
15	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98
<i>П р и м е ч а н и е – При скорости ветра больше 15 м/с размеры зон заражения принимать, как при скорости 15 м/с, а при скорости ветра меньше 1 м/с — как при скорости ветра 1 м/с.</i>							

Таблица 5.7

**Скорость переноса переднего фронта облака зараженного
воздуха (в километрах в час)**

u, м/с	Степень вертикальной устойчивости атмосферы		
	инверсия	изотермия	конвекция
1	5	6	7
2	10	12	14
3	15	18	21
4	21	24	28
5	—	29	—
6	—	35	—
7	—	41	—
8	—	47	—
9	—	53	—
10	—	59	—
11	—	65	—
12	—	71	—
13	—	76	—
14	—	82	—
15	—	88	—

Таблица 5.8

Угловые размеры зоны возможного заражения (в градусах)

u, м/с	< 0,5	0,6–1	1,1–2	> 2
φ	360	180	90	45

Таблица 5.9

Границы зон поражения людей

Степень поражения	Границы зоны	
	ближняя	дальняя
смертельная	0	0,3 Г
тяжелая, средняя	0,3 Г	0,5 Г
легкая	0,5 Г	0,7 Г
пороговая	0,7 Г	Г

ГЛАВА 6. ЗАЩИТА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

6.1. Способы минимизации опасностей

Вредные и травмирующие воздействия, генерируемые техническими системами, образуют в среде обитания опасные зоны. Для этих зон характерны соотношения:

$$C > \text{ПДК};$$

$$I > \text{ПДУ};$$

$$R < R_{\text{доп.}}$$

Одновременно с опасными зонами в среде обитания существуют зоны пребывания человека. В условиях производства это рабочая зона и рабочее место.

Варьируя взаимным расположением опасных зон и зон пребывания человека в пространстве, можно существенно влиять на решение задач по обеспечению безопасности.

Радикальным способом обеспечения безопасности является защита расстоянием.

Защита расстоянием – это разведение в пространстве опасных зон и зон пребывания человека.

Защита временем – это чередование периодов нахождения в зоне действия опасностей и периодов нахождения в безопасной зоне.

Совершенствование источников опасности не только снижает уровни опасностей, но и, как правило, сокращает размеры опасной зоны.

Применение экобиозащитной техники (использование пылеуловителей, водоочистных устройств, экранов и др. средств для изоляции зоны пребывания человека от негативных воздействий).

Применение средств индивидуальной защиты человека от опасностей предусматривает: постоянное ношение СИЗ повседневного использования; применение в чрезвычайных ситуациях СИЗ кратковременного использования).

Наличие зоны временного пребывания реализует метод защиты временем. Разнесение зоны постоянного пребывания и источника опасности реализует метод защиты расстоянием.

Варьируя взаимным расположением опасных зон и зон пребывания человека в пространстве, можно существенно влиять на решение задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности.

Все основные способы защиты от негативного воздействия опасностей можно разделить на три вида: время, расстояние и специальные экраны.

Рассмотрим применение этих способов на примере радиоактивного и электромагнитного излучения.

Радиоактивное излучение

Защита расстоянием. Если Вы обнаружили вблизи себя предмет, являющийся источником радиации - такой, который может представлять опасность для жизни и здоровья, необходимо удалиться от него на расстояние, где радиационный фон и излучение находятся в пределах допустимых норм. Также можно вывести источник радиации в безопасную зону или для захоронения.

Защита временем. Смысл этого метода защиты от радиации заключается в том, чтобы максимально уменьшить время пребывания вблизи источника излучения. Чем меньше времени человек находится вблизи источника радиации, тем меньше вреда здоровью он причинит. Данный метод защиты использовался, к примеру, при ликвидации аварии на АЭС в Чернобыле. Ликвидаторам последствий взрыва на атомной электростанции отводилось всего несколько минут на то, чтобы сделать свою работу в зараженной зоне и вернуться на безопасную территорию. Превышение времени приводило к повышению уровня облучения и могло стать началом развития лучевой болезни и других последствий, которые может вызывать радиация.

Противорадиационные экраны. В некоторых ситуациях просто необходимо осуществлять какую-либо деятельность в зоне с повышенным радиационным фоном. Примером может быть устранение последствий аварии на атомных электростанциях или работы на промышленных предприятиях, где существуют источники радиоактивного излучения. Находиться в таких зонах без использования средств индивидуальной защиты опасно не только для здоровья, но и для жизни. Специально для таких случаев были разработаны средства индивидуальной защиты от радиации. Они представляют собой экраны из материалов, которые задерживают различные виды радиационного излучения и специальную одежду. Когда человеку делают рентгеновские снимки, во время процедуры используют усиливающие экраны для защиты организма от излучения. Это флуорометаллический экран и высокоскоростной флуоресцентный экран. Под действием ионизирующего излучения флуорометаллические экраны испускают голубое свечение. У экрана имеется встроенный фильтр из оксида свинца для рассеянного излучения. А обладающий голубым излучением флуоресцентный экран имеет чрезвычайно высокую поглощающую способность и эффективность в сочетании с вполне приемлемой различимостью деталей. Усиливающие экраны флуоресцируют эффективнее при низкой температуре, т.е. при повышении температуры их эффективность снижается. С увеличением энергии излучения, поглощение флуоресцентных экранов уменьшается и, в результате, эффект усиления уменьшается.

Электромагнитное излучение

Защита расстоянием применяется, если невозможно ослабить воздействие другими мерами, в том числе и защитой временем. Защита расстоянием положена в основу нормирования санитарно-защитных зон – необходимого расстояния между источниками поля и жилыми домами,

служебными помещениями и др. Границы зон определяются расчетами для каждого конкретного случая размещения излучающей установки при работе ее на максимальную мощность излучения. В соответствии с ГОСТом 12.1.026-80 зоны с опасными уровнями излучения ограждаются, на ограждениях устанавливаются предупреждающие знаки с надписями: «Не входить, опасно!».

Защита временем применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения в данной точке до предельно допустимого уровня. Путем обозначения, оповещения и пр. ограничивается время нахождения людей в зоне выраженного воздействия электромагнитного поля. В действующих нормативных документах предусмотрена зависимость между интенсивностью потока энергии и временем облучения.

Экраны предназначены для ослабления электромагнитного поля в направлении распространения волн. Степень ослабления зависит от конструкции экрана и параметров излучения. Существенное влияние на эффективность защиты оказывает также материал, из которого изготовлен экран. Толщину экрана, обеспечивающую необходимое ослабление, можно рассчитать. Однако расчетная толщина экрана обычно мала, поэтому она выбирается из конструктивных соображений. При мощных источниках излучения, особенно при длинных волнах, толщина экрана может быть принята расчетной. Толщина экрана в основном определяется частотой и мощностью излучения и мало зависит от применяемого металла. Очень часто для экранирования применяется металлическая сетка. Экраны из сетки имеют ряд преимуществ. Они просматриваются, пропускают поток воздуха, позволяют достаточно быстро ставить и снимать экранирующие устройства. Экранированию подлежат генераторы, фидерные линии, элементы высоковольтных электроустановок, разъемы рабочих контуров, индукционные катушки, рабочие конденсаторы, смотровые окна и установки в целом.

Конструкция экрана в каждом отдельном случае должна обеспечивать наибольший эффект экранирования.

6.2. Применение средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты (или СИЗ) – приспособления, предназначенные для защиты кожных покровов и органов дыхания от воздействия отравляющих веществ и других вредных примесей в воздухе.

Средства индивидуальной защиты обязаны предотвращать или уменьшать воздействия вредных и/или опасных факторов на человека. Конструкция средства индивидуальной защиты обязана обеспечивать его самостоятельное снятие пользователем или освобождение от него. Материалы, применяемые для производства СИЗ не обязаны оказывать вредного воздействия на организм человека за всё время использования. Окулярные системы, применяемые в СИЗ, обязаны быть оптически нейтральны и не обязаны запотевать в ходе их использования. Если средство индивидуальной защиты перед использованием должно быть проверено и/или испытано, то изготовитель указывает в документации к изделию средства и способы подобной проверки и/или испытания. Срок годности, установленный для уже изготовленных средств индивидуальной защиты, не может оказаться изменен.

В Российском ГОСТ выделены следующие категории СИЗ: Одежда специальная защитная, изолирующие костюмы, средства защиты рук, ног, лица и глаз, головы, средства защиты органов дыхания (СИЗОД), слуха, средства защиты от падения с высоты, дерматологические защитные средства и комплексные средства защиты.

Для защиты от падения с высоты применяются тросы, стропы, «когти» и лазы, антискользящие перчатки и обувь, предохранительные пояса, страховочные фалы с карабинами.

Для защиты лица и глаз используются лицевые щитки, защитные очки, маски. Защитные очки предназначены для

защиты глаз от механических повреждений и опасных излучений. Качественные защитные очки не потеют, не царапаются и позволяют надевать под них очки с диоптриями.

Для защиты головы служат шлемы, каски, шапки, береты и т. д. Каски и шлемы должны быть достаточно прочными, чтобы защищать голову от травм, при этом быть легкими и удобными. Каска является наиболее распространенным средством индивидуальной защиты верхней части головы от механических повреждений, химических веществ и влаги. Широко применяется в строительстве, добывающей промышленности, при спасательных работах. Для комфорта предусмотрены текстильные вставки внутри изделия, обеспечивающие тепло и вентиляцию. Многие каски выпускаются с креплениями для очков, наушников, щитков или фонаря.

От вредного воздействия шума защитят наушники, беруши, противοшумные вкладыши. Шум, превышающий допустимые нормы, отрицательно воздействует на нервную систему и приводит к нарушениям слуха. Максимально допустимый уровень шума, который может выдержать работник в течение 8 часов без ущерба для здоровья – 85 дБ (децибел). При работе в условиях повышенной шумности применяются средства для защиты слуха, которые могут вставляться в уши (беруши) или надеваться на них (наушники). В средства для защиты слуха может вставляться устройство с микрофоном, которое позволяет воспринимать человеческий голос и общаться.

Для защиты кожи предназначены различные очистители и репативные средства. Выбор средств индивидуальной защиты обусловлен профессиональной областью и характером вредных воздействий.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания - необходимая часть соблюдения норм по охране труда на многих предприятиях. Основное назначение средств

индивидуальной защиты органов дыхания - защита от вредных воздействий производственной среды, пыли и грязи. Средства индивидуальной защиты органов дыхания широко используются во многих отраслях экономики: машиностроение, химическая промышленность, металлургия, коммунальное хозяйство. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (средства защиты) подразделяются на два вида по типу защитного действия: изолирующие и фильтрующие. Фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания очищают воздух, вдыхаемый человеком, от вредных для организма примесей. Изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания полностью ограждают человека от воздействий окружающей среды.

В сфере электробезопасности предусмотрены электрозащитные средства. Они служат для защиты людей, которые работают с электроустановками, от воздействия электромагнитного поля и электрической дуги, от поражения электрическим током.

6.3. Зонирование территорий

В целях дифференцированного подхода к планированию и проведению превентивных мероприятий по защите осуществляется зонирование территории.

Рассмотрим этот принцип на примерах различных типов опасностей.

Зона возможного опасного радиоактивного загрязнения - территория, прилегающая к объектам использования атомной энергии, в пределах которой при аварии или их разрушении установок возможно превышение установленного верхнего критического значения предела доз облучения населения. Размеры зон возможного опасного радиоактивного загрязнения в каждом конкретном случае определяются по методикам, утвержденным федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области защиты населения и территорий от

чрезвычайных ситуаций. В зоне с радиусом удаления 5 километров от объектов использования атомной энергии оборудуются и поддерживаются в готовности локальные системы оповещения, создается необходимый запас средств индивидуальной защиты для производственного персонала, предусматривается экстренная эвакуация населения в безопасные районы, а также использование средств индивидуальной защиты, проведение йодной профилактики и организация дозиметрического контроля. Зона возможного сильного радиоактивного загрязнения - территория, прилегающая к зоне опасного радиоактивного загрязнения, в пределах которой возможно загрязнение почвы, зданий, сооружений, атмосферы, воды, продуктов питания, пищевого сырья и т.п. выше установленных допустимых пределов. В зоне ведутся наблюдение и контроль за состоянием окружающей среды, население при необходимости использует табельные или простейшие средства индивидуальной защиты.

Зона возможного опасного химического заражения - территория, прилегающая к химически опасным объектам, в пределах которой при возможном разрушении емкостей с аварийно опасными химическими веществами вероятно распространение последних с концентрациями, вызывающими поражения незащищенных людей.

Зона возможного катастрофического затопления - территория, в пределах которой в результате возможного затопления вероятны массовые потери людей, разрушения зданий и сооружений, повреждение или уничтожение других материальных ценностей. Размеры зоны возможного катастрофического затопления определяются на основании расчетов по формированию волны прорыва с учетом особенностей повреждения или разрушения гидротехнических сооружений, характеристик русла рек, рельефа местности и других факторов. В зоне предусматривается создание систем оповещения, строительство специальных защитных

сооружений плотин, временная эвакуация населения из зоны 4-х часового добега волны прорыва.

Зона возможного наводнения - территория, подвергаемая опасности за топления в результате интенсивного увеличения водности и повышения уровней воды в реках (озерах, водохранилищах), которые могут сопровождаться угрозой для жизни и здоровья людей и причинением материального ущерба.

Зона возможного опасного землетрясения - территория, в пределах которой интенсивность сейсмического воздействия может составить 7 и более баллов.

6.4. Оценка надежности и работоспособности техники

При анализе и оценке надежности конкретные технические устройства именуются обобщенным понятием «объект». Объект – это предмет определенного целевого назначения, рассматриваемый в периоды проектирования, производства, эксплуатации, изучения, исследования и испытаний на надежность. Объектами могут быть системы и их элементы, в частности технические изделия, устройства, аппараты, приборы, их составные части, отдельные детали и т.д.

Надежность трактуется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Как видно из определения, надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его пребывания может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенное сочетание этих свойств.

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость - свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Указанные важнейшие свойства надежности характеризуют определенные технические состояния объекта. Различают пять основных видов технического состояния объектов.

Исправное состояние. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние. Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Предельное состояние. Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или

нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Переход объекта (изделия) из одного вышестоящего технического состояния в нижестоящее обычно происходит вследствие событий: *повреждений* или *отказов*. Совокупность фактических состояний объекта, к примеру, электроустановки, и возникающих событий, способствующих переходу в новое состояние, охватывает так называемый жизненный цикл объекта, который протекает во времени и имеет определенные закономерности, изучаемые в теории надежности.

Отказ - это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Переход объекта из исправного состояния в неисправное не связан с отказом.

Введено еще одно понятие, отражающее состояние объекта - *дефект*. Дефектом называется каждое отдельное несоответствие объекта установленным нормам или требованиям. Дефект отражает состояние отличное от отказа. В соответствии с определением отказа, как события, заключающегося в нарушении работоспособности, предполагается, что до появления отказа объект был работоспособен. Отказ может быть следствием развития неустраненных повреждений или наличия дефектов: царапин; потертости изоляции; небольших деформаций.

В теории надежности, как правило, предполагается внезапный отказ, который характеризуется скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта. На практике приходится анализировать и другие отказы, к примеру, ресурсный отказ, в результате которого объект приобретает предельное состояние, или эксплуатационный отказ, возникающий по причине, связанной

с нарушением установленных правил или условий эксплуатации.

При расчетах и анализе надежности широко используются термины «элемент» и «система». Под элементом понимается часть сложного объекта, которая имеет самостоятельную характеристику надежности, используемую при расчетах и выполняющую определенную частную функцию в интересах сложного объекта, который по отношению к элементу представляет собой систему.

Например, изолятор в гирлянде изоляторов выполняет роль элемента, а гирлянда изоляторов - это система. На трансформаторной подстанции выключатели, отделители, разъединители, силовые трансформаторы и т.п. являются элементами, а сама подстанция является системой. Из приведенных примеров видно, что в зависимости от уровня решаемой задачи и степени объединения анализируемых аппаратов и устройств определенный объект может в одном случае быть системой, а в другом - элементом. Так при анализе надежности трансформатора его можно «разложить» на множество элементов: обмотки высокого и низшего напряжения, высоковольтные и низковольтные вводы, магнитопровод, бак трансформатора и т.д. С другой стороны, для трансформаторной подстанции трансформатор удобнее представить как элемент, у которого есть свои характеристики надежности, нормативно-техническая документация, требования к эксплуатации.

Показатели надежности количественно характеризуют, в какой степени данному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие надежность.

Показатели надежности (например, технический ресурс, срок службы) могут иметь размерность, ряд других (например, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности) являются безразмерными.

Количественной характеристикой только одного свойства надежности служит единичный показатель.

Количественной характеристикой нескольких свойств надежности служит комплексный показатель.

Единичные показатели надёжности.

Показатели безотказности:

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- средняя наработка до отказа $T_{ср}$;
- средняя наработка на отказ T_o ;
- гамма-процентная наработка до отказа T_γ ;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$;
- параметр потока отказов $\omega(t)$;
- средняя доля безотказной наработки $I(t)$;
- плотность распределения времени безотказной работы $f(t)$;

Показатели долговечности:

- средний ресурс;
- гамма-процентный ресурс;
- назначенный ресурс;
- средний срок службы;
- гамма-процентный срок службы;
- назначенный срок службы.

Показатели ремонтпригодности:

- Вероятность восстановления работоспособного состояния;
- Среднее время восстановления работоспособного состояния;
- Интенсивность восстановления.

Показатели сохраняемости:

- Средний срок сохраняемости;
- Гамма-процентный срок сохраняемости.

Комплексные показатели надежности:

- коэффициент готовности - K_g ;
- коэффициент оперативной готовности - $K_{ог}$;
- коэффициент технического использования - $K_{ти}$;
- коэффициент планируемого применения - $K_{п}$;

– коэффициент сохранения эффективности — $K_{эф}$.

Коэффициент планируемого применения – доля периода эксплуатации, в течение которой объект не должен находиться в плановом ТО или ремонте.

Коэффициент готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

Коэффициент технического использования – отношение математического ожидания интервалов времени, пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием (ТО), и ремонтов за тот же период эксплуатации.

6.5. Минимизация антропогенно-техногенных опасностей

При анализе воздействий потоков, создаваемых человеком как личностью, следует иметь в виду, что негативное влияние собственно человека на природу и общество ограничено потреблением природных ресурсов, его незначительной физической силой и естественными отходами. Даже в условиях демографического взрыва это влияние не представляет пока серьезной угрозы для человечества и природы нашей планеты.

Однако антропогенное негативное воздействие, возникающее из-за вероятных ошибочных действий операторов технических систем или из-за преднамеренных отрицательных действий человека, обычно многократно усиливается компонентами техносферы, что и приводит к серьезным авариям и катастрофам (авария на ЧАЭС, разлив нефти в Мексиканском заливе и т.п.).

Более заметна и достаточно негативна антропогенная деятельность при обращении с огнем и химическими веществами, отходами. Место возникновения и время реализации антропогенных и антропогенно-техногенных опасностей, как правило, предопределить довольно трудно. Очевидно только одно: там, где есть человек, всегда может возникнуть опасная ситуация.

Минимально опасное взаимодействие человека с техникой достигается как за счет совершенствования техники, так и за счет учета антропометрических особенностей человека, сохранения его работоспособности правильным выбором режимов труда и отдыха; обучения и профессионального отбора.

Подготовка работающих. В соответствии с законодательством Российской Федерации работодатель обязан обеспечить инструктаж, обучение и проверку знаний работником норм, правил и инструкции по охране труда. Предусмотрено проведение пяти видов инструктажа.

При поступлении на работу отдел охраны труда проводит *вводный инструктаж*.

Перед первичным допуском к работе все принятые (в том числе учащиеся, проходящие производственную практику) непосредственно на рабочем месте проходят *первичный инструктаж* по охране труда. Рабочие допускаются к самостоятельной работе только после проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

После начала самостоятельной работы все работники не реже чем раз в полгода проходят *повторный инструктаж*.

Внеплановый инструктаж проводят в следующих случаях:

- 1) при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил;
- 2) инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

- 3) при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- 4) при нарушении работающими или учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
- 5) по требованию органов надзора;
- 6) при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ - 60 дней.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне предприятия, цеха и т.п.); при ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; при производстве работ, на которые оформляются наряд-допуск, разрешение и другие документы; при проведении экскурсий на предприятии, организации массовых мероприятий с учащимися (экскурсии, походы, спортивные соревнования и др.).

Минимизация антропогенно-техногенных опасностей достигается, если на объектах экономики используется только квалифицированный персонал. С этой целью на предприятиях создается специальная система обучения работников. Обучению и проверке знаний подлежат:

– руководители и специалисты предприятий, а также лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью, связанные с организацией, руководством и проведением работы непосредственно на рабочих местах и производственных участках с осуществлением надзора и технического контроля за проведением работ (например, на основании действующего правового акта Ростехнадзора России

введено обязательное обучение руководителей и специалистов в области обеспечения экологической безопасности);

– инженеры и педагогические работники образовательных учреждений.

Дополнительные требования к обеспечению безопасности отдельными нормативно-правовыми актами по охране труда предусмотрены для работ, к которым предъявляются повышенные требования безопасности и установлен особый порядок допуска работников к их выполнению. К таким работам относятся: эксплуатация и ремонт электроустановок, котлов, сосудов, работающих под давлением, обслуживание газового хозяйства, грузоподъемных машин и лифтов, выполнение верхолазных, электрогазосварочных, погрузочно-разгрузочных операций, деятельность, связанная с применением радиоактивных веществ, взрывчатых материалов, пиротехнических средств.

Работники, которые допускаются к работам повышенной опасности, должны проходить предварительный и периодический медицинские осмотры в медицинском учреждении.

Профессиональный отбор операторов во многом связан с оценкой их профессиональной совместимости с технической системой. К операторам технических систем предъявляются особые требования.

Критерием быстрогодействия оператора является время решения задачи, т.е. время от момента поступления сигнала до момента окончания управляющих воздействий. Обычно это время $t_{оп}$ прямо пропорционально количеству перерабатываемой человеком информации:

$$t_{оп} = a + bN,$$

где a - скрытое время реакции, т.е. промежуток времени от момента появления сигнала до реакции на него оператора (обычно $a = 0,2-0,6$ с); b - время переработки

единицы информации ($b = 0,15—0,35$ с); H - количество перерабатываемой информации, ед.

Средняя скорость переработки единицы информации характеризует быстроту действий оператора и зависит от его психологических особенностей, типа задач, технических и эргономических особенностей систем управления. Обычно пропускная способность оператора составляет две - четыре единицы информации в секунду.

Надежность оператора определяет его способность выполнять в полном объеме возложенные на него функции при определенных условиях работы. Надежность деятельности оператора характеризуют его безошибочность, готовность, восстанавливаемость, своевременность и точность.

Безошибочность оценивается вероятностью безошибочной работы, которая определяется как на уровне отдельной операции, так и в целом на уровне всего объема работы. Вероятность P безошибочного выполнения операций применительно в фазе устойчивой работы определяется на основе статистических данных по формуле

$$P_j = (N_j - C_{отj})N_j,$$

где N_j - общее число выполняемых операций; $C_{отj}$ - число допущенных при этом ошибок. Обычно $P = 0,9-0,995$.

Коэффициент готовности характеризует вероятность включения человека-оператора в работу в любой произвольный момент времени:

$$K_{оп} = 1 - (t_6/t),$$

где t_6 - время, в течение которого человек не может принять поступившую к нему информацию; t - общее время работы человека-оператора.

Восстанавливаемость оператора оценивается вероятностью исправлений им допущенной ошибки:

$$P_v = P_K P_{обн} P_n,$$

где P_K - вероятность выдачи сигнала контрольной системой; $P_{обн}$ - вероятность обнаружения сигнала оператором;

P_n - вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении всей операции. Этот показатель позволяет оценить возможность самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок.

Своевременность действий оператора оценивается вероятностью выполнения задачи в течение заданного времени. Эта вероятность может быть определена по статистическим данным как

$$P_{св} = (N - N_{нс})/N,$$

где N и $N_{нс}$ - общее и несвоевременно выполненное число задач.

Точность - степень отклонения измеряемого оператором количественного параметра системы от его истинного значения. Количественно точность оценивается погрешностью, с которой оператор измеряет, оценивает, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$A = A_n + A_{оп},$$

где A_n - истинное или номинальное значение параметра; $A_{оп}$ - фактическое измеряемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

Значение показателей, превысившее допустимые пределы, является ошибкой, что следует учитывать при оценке надежности оператора.

Профессиональный отбор работающих по отдельным специальностям (шоферы, лица, работающие на высоте, операторы и др.) предусматривает установление их физической и психофизиологической пригодности к безопасному выполнению работ. Особое внимание при этом уделяется учету физических возможностей, антропометрических данных (рост, длина рук и т. п.), психофизиологических данных (темперамент, способность к концентрации внимания, к восприятию большого объема информации, реакция на внешнее воздействие психологическая устойчивость и т.п.)

Профессиональный психологический отбор работников ставит задачу выявить людей, у которых процесс обучения дает максимальный эффект при минимальном времени обучения. Профессиональная пригодность определяется положительной мотивацией к данной специальности; высоким порогом ощущения опасности; быстротой реакции на экстремальную ситуацию, хорошим глазомером, устойчивостью, концентрацией и распределением внимания; нормальным состоянием двигательного аппарата, высокой пропускной способностью анализаторов и т.д.

Операторы и диспетчеры сложных систем управления проходят тестирование на определение общего и структурно-логического объема памяти, способности к концентрации внимания как одномоментно, так и в течение рабочего дня, в том числе при наличии разного рода неблагоприятных воздействий (звуковых, световых), способности к переключению внимания. Кроме того, применительно к ним проводят оценку избирательности внимания, выявления склонности к принятию решений, связанных с риском. Оценка объема памяти ведется по таблицам, содержащим различную визуальную информацию (геометрические фигуры, наборы цифр, тексты), после ознакомления, с содержанием которых испытуемый по возможности быстро воспроизводит эту информацию по памяти.

Особое внимание обращается на изучение быстроты реакции испытуемых. Для этой цели разработан рефлексометр РЦП-3, предназначенный для измерения простой и сложной реакции человека на световые и звуковые раздражители. Анализатор сенсомоторной координации АСК-3 позволяет оценивать общее время реагирования и точность реагирования. Измеритель критической частоты световых мельканий ИКЧ-2 позволяет выявлять степень утомляемости (в частности, зрительной) отдельных лиц в процессе труда. Разработаны и тесты на исследование глазомера.

Специфика отдельных технологических процессов предъявляет дополнительные требования в части их психических возможностей, антропометрических данных, состояния здоровья. Соответствие этим требованиям выявляется в рамках медицинских освидетельствований, которые проводят для работающих во вредных условиях труда, а также при работах с повышенной опасностью травмирования. Система медицинских осмотров определена приказами Минздравсоцразвития России. Она предусматривает предварительные, перед поступлением на работу, и периодические, в ее процессе, освидетельствования, цель которых выявить наличие медицинских противопоказаний к этой работе.

Подготовка инженерно-технических работников (ИТР). Для успешной реализации мер по сохранению жизни и здоровья людей, работающих и проживающих в условиях техносферы, значительную, если не сказать определяющую, роль играет уровень знаний каждого человека об опасностях окружающего мира и способах защиты от них.

Ныне действующая система подготовки учащихся средних школ, студентов колледжей и вузов, а также специалистов в области безопасности и защиты окружающей среды создана в России в 1990-е гг. Сегодня она включает изучение курса «Основы безопасности жизнедеятельности» (ОБЖ) учащимися средней школы и дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Экология» студентами, а также подготовку ИТР по направлениям «Техносферная безопасность» и «Природообустройство и водопользование».

Практическое задание №6

Определение опасных зон

Цель работы: Освоить методику расчета опасных зон при работе.

Теоретические сведения

Границы опасной зоны башенных кранов определяются площадью между подкрановыми путями, увеличенной в каждую сторону на $(R + S_H)$, то есть

длина $L = l_{\text{п}} + 2(R + S_H)$,

ширина $B = b + 2(R + S_H)$,

где $l_{\text{п}}$ - длина подкранового пути, м; b - ширина колеи, м; R - максимальный вылет крюка, м; S_H - отлет груза при его падении с высоты (табл. 1).

Таблица 1

Границы опасной зоны S_H в связи с падением предметов

Высота возможного падения предмета h , м	Границы опасной зоны S_H , м	
	Вблизи мест перемещения грузов	Вблизи строящегося здания или сооружения (от внешнего периметра)
До 20	7	5
20÷70	10	7
70÷120	15	10
120÷200	20	15
200÷300	25	20
300÷400	30	25

Границы опасной зоны, где проявляется потенциальное действие опасных производственных факторов, связанных с падением предметов, определяются наружными контурами строящегося объекта, увеличенными на S_H .

Отлет груза при падении с высоты h от точки его подвешивания может быть определен по формуле $S_H = 0,32\omega R\sqrt{h}$, где ω -угловая скорость вращения стрелы, с^{-1} .

Задача. Требуется оценить возможную опасную зону при работе автомобильного крана на вылете $R=11\text{м}$, при подъеме груза массой 2т на высоту $h=12\text{м}$, при угловой скорости вращения стрелы $\omega = 0,1\text{ с}^{-1}$.

Решение

1. Отлет груза вычисляем по формуле для компактного груза:

$$S_H = 0,32 \cdot 0,1 \cdot 11 \cdot \sqrt{12} = 1,2\text{м}.$$

2. Ветер и парусность груза могут значительно увеличить отлет, поэтому по табл. 1 принимаем $S_H = 7\text{м}$.

Таким образом, в зависимости от погодных условий и габаритов груза опасную зону определяют:

для компактных грузов при безветренной погоде

$$S_{H1} = R(1 + 0,32\omega\sqrt{h}) = 12,6\text{ м};$$

для плит и панелей высокой парусности при ветреной погоде

$$S_{H2} = R + S_H = 11 + 7 = 18\text{м}.$$

Границы опасных зон вблизи движущихся частей и рабочих органов определяются расстоянием в пределах 5 м , если другие повышенные требования отсутствуют в паспорте и инструкции завода-изготовителя.

Граница опасной зоны в местах прохождения временных электрических сетей определяется пространством, в пределах которого рабочий может коснуться проводов монтируемыми длинномерными деталями. Опасная зона в этом случае определяется максимальной длиной детали плюс 1м .

Границы опасной зоны высоковольтных линий электропередач, проходящих через территорию строительной площадки, устанавливают в зависимости от напряжения сети в обе стороны от крайних проводов: при напряжении до 20 кВ - 10 , до 35 кВ - 15 , до 110 кВ - 20 , до 220 кВ - 25 м .

Граница опасной зоны вблизи выемок с откосами, разрабатываемых без механических креплений, связана с

выходом следа поверхности скольжения от возможной призмы обрушения грунта на берму.

Положение границы опасной зоны относительно подошвы выемки в случае отсутствия пригрузки бермы можно определить по формуле:

$$l_H = 1,2h\alpha + l,$$

где h - глубина выемки, м;

α - коэффициент заложения откоса, который принимается по данным табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент заложения откоса, α

Грунт	Коэффициент заложения откоса, α при глубине выемки, не более, м		
	1,5	3	5
Насыпной неуплотняемый	0,67	1	1,25
Песчаный и гравийный	0,5	1	1
Смесь	0,25	0,67	0,85
Глина	0	0,5	0,5
Лесс и лессовидный	0	0,25	0,5

Положение границы опасной зоны относительно подошвы выемки в случае пригрузки бермы весом строительных машин может быть определено через наименьшее допустимое приближение опоры крана l_H (конца шпалы, гусеницы, колеса) к основанию откоса по табл. 3..

Таблица 3.

Наименьшее допустимое расстояние до подошвы траншеи

Глубина выемки, м	Наименьшее допустимое расстояние l_H , м для грунта (ненасыпного)			
	песчаного	супесчаного	суглинистого	глинистого
1	1,5	1,25	1	1
2	3	2,4	2	1,5
3	4	3,6	3,25	1,75
4	5	4,4	4	3
5	6	5,3	4,75	3,5

Задача. Требуется определить положение границы опасной зоны на берме выемки глубиной 3 м в суглинистых фунтах.

Решение

1. По исходным данным находим по табл. 2 значение коэффициента заложения $\alpha = 0,5$.

2. Вычисляем след плоскости скольжения от возможной призмы обрушения на берме, свободной от нагрузки:

$$1_n = 1,2 \cdot 3 \cdot 0,5 + 1 = 2,8 \text{ м.}$$

3. По табл. 3 наименьшее допустимое приближение к подошве незакрепленного откоса $1_n = 3,25$ м, в котором учитывается дополнительная пригрузка бермы массой строительной машины (крана).

4. Принимаем положение границы опасной зоны для двух случаев:

берма выемки свободна от нагрузки - $1_n = 2,8$ м;

берма выемки имеет нагрузку - $1_n = 3,25$ м.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите методики расчета опасных зон.
2. Получите задание от преподавателя и выполните расчет опасных зон для:
 - А). башенного крана при подъеме груза на высоту 10м, массе 1,8т, угловой скорости вращения 0,2; 4; 0,8 C^{-1} .
 - Б). выемок глубиной 1,2; 5м в глинистых почвах.
3. Подготовьте отчет.

ГЛАВА 7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКО- И ПРИРОДОЗАЩИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1. Демографическое состояние России и пути его улучшения

Согласно статистическим данным в 2018 г. численность населения России составляет 146 880 432 человек.

Основные причины снижения численности населения:

- низкая рождаемость;
- высокая смертность, основными причинами которой являются болезни кровообращения, травмы и отравления, новообразования (раковые заболевания). На их долю приходится соответственно 55,14 и 14% от общей смертности населения.

Поиск и реализация путей преодоления демографического кризиса в России за счет повышения продолжительности жизни людей - сложная и многоплановая задача. Для ее решения выделим основные группы факторов, влияющих на продолжительность жизни населения и его здоровье. Некоторое представление об этом дают результаты научных исследований.

Данные ВОЗ отчетливо свидетельствуют о том, что здоровье человека зависит во многом (до 70%) от его поведения (образа жизни) и от состояния среды жизнедеятельности. В профилактике негативного влияния этих факторов выделяют два направления: личное безопасное поведение человека и коллективные мероприятия по обеспечению безопасности.

Роль личности в достижении безопасности жизнедеятельности. Овладение знаниями по безопасности позволит каждому человеку свести к минимуму вероятность принудительной гибели. Для этого необходимо:

- соблюдать правила здорового образа жизни (ЗОЖ);

– всемерно следовать основам безопасности в быту, на производстве, на транспорте и в других сферах деятельности и отдыха;

– рационально выбирать виды деятельности и место жительства для себя и своей семьи, исходя из качества окружающей среды и уровня безопасности сфер деятельности.

Правила ЗОЖ. Причины смерти, связанные с нарушением ЗОЖ, и меры по их устранению приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Меры по устранению причин смерти

Причина смерти, опасность	Причина возникновения опасности	Меры устранения опасности
Алкоголизм	Незнание последствий. Злоупотребление. Низкое качество спиртного	Информация о вреде алкоголя. Контроль за качеством алкоголя. Лечение алкоголизма
Наркомания	Незнание последствий. Наркотическая зависимость	Информация о вреде наркотиков. Лечение наркотической зависимости. Соблюдение запрета на наркотики
ВИЧ-инфекция	Незнание последствий. Беспорядочный образ жизни	Информация о губительности СПИДа. Лечение
Курение	Незнание последствий. Широкая реклама табачных изделий	Информация о вреде курения. Контроль за качеством табака
Утопление	Неумение плавать. Незнание опасностей водной среды. Пренебрежение опасностью	Обучение плаванию. Информация об опасности водной среды
Самоубийство	Неудовлетворенность жизненной ситуацией. Психические расстройства. Стрессовые ситуации	Создание благоприятной социальной среды. Повышение благосостояния людей. Лечение. Информация о выходе из стрессовой ситуации

Из перечисленных в табл. 7.1 видов нарушения ЗОЖ трудно выделить главное зло, хотя во многом исходным, провоцирующим звеном в цепи нарушений принято считать алкоголь. Однако важно, не с чего начинают нарушать правила здорового образа жизни, а когда, в каком возрасте? Курить сегодня дети начинают в 11 лет, впервые употреблять алкоголь в ряде случаев в этом же возрасте, поэтому рассмотрение вопросов, связанных с основами ЗОЖ, и знакомство с последствиями его нарушения необходимо начинать ***в дошкольном возрасте и продолжать в начальных и средних классах школы.***

Выбор вида деятельности и местожительства. Для этого человеку необходима, прежде всего, информация о загрязнении селитебных зон и о рисках, связанных с профессиональной деятельностью и зоной обитания. Эта информация должна предоставляться компетентными государственными органами, а человек должен обладать необходимыми знаниями для ее адекватной оценки. *Благоприятное влияние* на здоровье населения оказывает *близкое к естественному* состояние среды обитания в городах и промышленных центрах.

Личная безопасность каждого человека определяется во многом его знаниями об опасностях, их источниках и мерах защиты. Своевременное выявление опасностей и рациональное использование средств защиты - основы личной безопасности.

Коллективная безопасность. Для снижения негативного влияния техники и технологий на людей создателям этих технических средств необходимо соблюдать требования безопасности и экологичности. При невозможности достижения таких решений необходимо предусматривать защитные средства. Все это должны в совершенстве знать творцы техносферы - инженеры, градостроители, работники коммунального хозяйства и многие другие, ответственные за реализацию мер коллективной безопасности.

Каждый человек, переходя из состояния учащегося (после завершения обучения в школе, колледже, вузе) в состояние *работника - созидателя*, должен знать и оценивать возможные последствия своих действий. Поскольку человек наделен разумом, он стремится к созидательной жизни, пытаясь, как правило, изменить окружающий его мир в свою пользу. К сожалению, это преобразование, кроме желаемого, создает неизбежно и негативные эффекты, порождая тем самым отрицательные воздействия на человека и окружающий его мир.

Еще в 1882 г. Ф. Энгельс в работе «Диалектика природы» сказал, что наша историческая деятельность имеет «в первую очередь, те последствия, на которые мы рассчитываем, но во вторую и третью - совсем другие, непредвиденные, которые очень часто уничтожают значения первых». Он не ошибся. Создавая техносферу, мы получаем не только комфорт, но и порождаем опасности.

Культура безопасности. Все, что входит в понятие личной и коллективной безопасности, достигается человеком на основе знания и последующего опыта, поэтому первейшим этапом достижения высоких значений продолжительности своей жизни является овладение каждым субъектом культурой безопасности.

Культура безопасности - качество личности, определяющее ее направленность на развитие потребностей в безопасности, на постоянное совершенствование знаний, умений и навыков реализации человеко- и природозащитной деятельности. Получить необходимые познания по безопасности можно с наибольшим успехом в системе образования.

Современный образованный человек приносит обществу пользу, когда максимально полно применяет свои знания, умения и навыки в решении задач безопасности.

Образование является основным звеном в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека в техносфере. Оно обеспечивает комплекс необходимых знаний, базирующихся на научной основе и методологии, что позволяет поднять безопасность людей на новый, более высокий уровень.

Исходя из вышесказанного, первым и важнейшим шагом государства и общественности в деле достижения здоровой и продолжительной жизни населения России является обучение людей *основам культуры безопасности*.

Каждый россиянин должен:

- обладать знаниями и способностью узнавать опасности в быту, в сфере своей профессиональной деятельности, а также при использовании средств транспорта, т.е. на всех этапах своей жизни;
- всемерно соблюдать правила здорового образа жизни. Человек, особенно в молодом возрасте, должен знать об опасностях вредных привычек, таких как курение, алкоголизм, наркомания и т.п.;
- правильно выбирать и применять средства личной защиты от опасностей;
- способствовать устранению опасностей коллективного воздействия на людей и природу;
- уметь оказывать помощь и содействие пострадавшим от опасного воздействия.

В нашей стране созданы предпосылки для активного обучения всего населения основам культуры безопасности. Для этого, как минимум, достаточно модернизировать курс ОБЖ, читаемый практически всем молодым россиянам в средней школе.

Учение «техносферная безопасность». Завершая анализ современного мира опасностей и человеко- и природозащитной деятельности в России, необходимо отметить, что основной путь дальнейшего развития БЖД и ЗОС в ближайшем будущем

и на перспективу - это *создание учения о техносферной безопасности*.

Для устранения негативного воздействия промышленного производства, энергетических комплексов, средств транспорта и иных объектов экономики на работающих, население и природу необходимо дальнейшее усовершенствование методов и средств превентивного анализа опасностей, действующих в селитебных зонах и регионах с целью наиболее полного описания их совместного воздействия.

Реализуемые в настоящее время мероприятия (экологическая экспертиза, специальная оценка условий труда, экспертиза промышленной безопасности, декларация промышленной безопасности и др.) проводятся, как правило, разобщенно для каждого источника опасности и опираются лишь на нормативы и правила по безопасности.

Настало время, когда необходимо переходить к комплексной оценке воздействия всех негативных территориальных объектов на работающих, население и окружающую техногенную и природную среды. На региональном уровне это оценка объекта должна проводиться не только на основании нормативных актов, в сложных случаях ее необходимо сопровождать научными изысканиями в области безопасности.

Создание безопасной техносферы - задача как индивидуального, так и всенародного масштаба; задача, непосредственно связанная как с действиями каждого человека в сфере деятельности, быта и отдыха (защита от опасностей первого круга), так и с действиями руководителей производственных процессов, отраслей экономики и государства (защита от опасностей первого и второго кругов). Значение этого существенно возрастает еще и потому, что обеспечение безопасности техносферы - это одновременно путь к решению и других проблем негативного влияния техносферы, фундамент для решения проблем безопасности на

более высоких научных уровнях: региональном, межрегиональном, трансграничном, континентальном и глобальном.

Анализ причин возникновения техносферы и ее негативного влияния на природу и человека, в ней обитающего свидетельствует не только о необратимости этого процесса, но и о сложности задачи создания техносферы высокого качества.

Опыт создания техносферы показывает, что ее высокое качество достижимо лишь в условиях неукоснительного соблюдения требований по совместимости техносферы и отдельных ее составляющих с человеком и всей биосферой. Достичь этого можно, лишь развивая и совершенствуя безопасность всех компонентов, составляющих техносферу (промышленные предприятия, транспорт и т.п.) и применяя специальную защитную технику для устранения негативного влияния техносферы на человека.

Создание техносферы высокого качества - насущная потребность всего урбанизированного населения Земли, путь к реализации учения академика В. И. Вернадского о ноосфере. К началу XXI в. человечеству не удалось решить многие проблемы техносферной безопасности и создать техносферу необходимого качества. Что же нужно сделать для этого сейчас?

Во-первых, необходимо не на словах, а на деле признать важность стоящей перед человечеством задачи по созданию техносферы, качественно близкой к естественной (природной) среде. Создание качественной техносферы - это основа для сохранения человеком своего места на планете Земля.

Во-вторых, нужно признать актуальность разработки научного знания о техносферной безопасности.

Научные знания, составляющие основу новой дисциплины «Ноксология», необходимы выпускнику вуза - будущему специалисту, бакалавру, магистру.

7.2. Стратегия устойчивого развития

Неизбежным позитивным итогом деятельности каждого из нас в области человеко- и природозащитной деятельности будет содействие реализации всемирной стратегии устойчивого развития «Повестка дня на XXI век» (Бразилия, Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г).

Стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми, обществом и природой. Это означает, что понятие «устойчивое развитие» направлено на выживание человечества и сохранение биосферы как естественной основы всей жизни на Земле.

Эта концепция характеризуется несколькими принципиальными чертами:

- на глобальные проблемы, стоящие перед цивилизацией, авторы концепции смотрят не с позиции мирового сообщества, государства, региона, какой-либо организации, а с позиции отдельного человека;
- концепция по своему замыслу не разделяет, а объединяет людей независимо от того, где они живут, от их политических и религиозных убеждений. Она стоит выше этих различий, рассматривая всех, кто живет сейчас и кто придет на нашу планету в будущем, как граждан одной земной цивилизации;
- концепция впервые помещает в центр внимания интересы не только нынешнего, но и будущих поколений. В соответствии с ней будущим поколениям должны быть обеспечены приемлемые стартовые условия, сравнимые с теми, которые имеет поколение, живущее на Земле сейчас. Эти стартовые условия трактуются не только как поддержание удовлетворительного состояния окружающей среды, но и как сохранение культурных, духовных, информационных ресурсов, передача следующим поколениям многих системообразующих смыслов и ценностей как важнейших условий выживания и развития человечества.

Россия, подписавшая документы Всемирного форума, взяла на себя обязательства по реализации программы устойчивого развития, что подтверждено указом Президента РФ от 4 февраля 1994 г. № 236 «О государственной стратегии по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития».

Практическое задание №7

Оценка опасностей неправильного питания

Цель работы: *Освоить методики определения достаточности микроэлементов и витаминов в организме методом тестирования и определить опасности неправильного питания.*

Теоретические сведения

Организму человека необходимы практически все биогенные элементы. Но, по оценке Института питания РАМН, в нашей пище все явственнее не хватает многих элементов, что вызвано особенностями переработки продуктов, длительностью их хранения, снижением потребления овощей и фруктов.

Так, для нормальной жизнедеятельности важен кальций, хранилище которого - желудок, кишечник, позвоночник, кости. Составляет он и основу костной ткани зубов, необходим для нормальной возбудимости нервной системы, участвует в процессе свертывания крови, сопрягает процессы синтеза и секреции в клетках, активизирует сократительную функцию мышечной ткани.

Калий содержится в мышцах, особенно много его содержат мышцы сердца. Способствует выведению из организма воды.

Магний, содержащийся в поперечно - полосатой мускулатуре, необходим для поддержания нормальной

возбудимости нервной системы, функции сокращения мышц. При его недостатке появляются судороги в мышцах.

В костном мозге, селезенке, печени наивысшее содержание железа, необходимого для образования эритроцитов и поддержания физиологических функций организма.

При недостатке микроэлементов и витаминов отмечается ухудшение состояния здоровья. Оценить обеспеченность можно путем тестирования.

Порядок выполнения работы

При помощи тестов определите, достаточно ли ваш организм обеспечен микроэлементами и витаминами.

Тест на обеспеченность магнием

Вопрос	Да	Нет
Часто ли у вас бывают судороги (в частности, ночные судороги икроножных мышц)?		
Страдаете ли вы болями в сердце, учащенным сердцебиением и сердечной аритмией?		
Часто ли у вас случается защемление нервов, например, в области спины?		
Часто ли вы ощущаете онемение, например, в руках?		
Часто ли вам угрожают стрессовые ситуации?		
Регулярно ли вы употребляете алкогольные напитки?		
Регулярно ли вы применяете мочегонные средства?		
Много ли вы занимаетесь спортом?		
Предпочитаете ли вы белый хлеб и изделия из белой муки?		
Редко ли вы употребляете в пищу салат и зеленые овощи?		
Во время готовки картофеля и овощей используете ли вы длительную водную обработку?		
При покупке минеральной воды обращаете ли вы внимание на содержание в ней магния?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», То ваш организм в достаточной степени обеспечен магнием.

Тест на обеспеченность калием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы мышечной слабостью?		
Повышено ли у вас давление?		
Склонны ли вы к отекам?		
Страдаете ли вы от пассивной деятельности кишечника?		
Принимаете ли вы регулярно мочегонные препараты?		
Употребляете ли вы регулярно в большом количестве алкогольные напитки?		
Очень ли активно вы занимаетесь спортом?		
Едите ли вы мало свежих фруктов?		
Редко ли салат и овощи попадают на ваш стол?		
Едите ли вы мало картофеля?		
Во время готовки картофеля и овощей, используете ли вы длительную водную обработку?		
Редко ли вы употребляете фруктовые и овощные соки?		
Редко ли вы едите сухофрукты?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен калием.

Тест на обеспеченность железом

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете усталость и подавленность?		
Произошли ли у вас в последнее время изменения волос и ногтей (например, нетипичная бледность и шероховатость кожи, ломкие волосы, вмятины на ногтях)?		
Теряете ли вы в последнее время много крови, например, в авариях или через донорство?		
Занимаетесь ли вы профессиональным спортом?		
Редко ли вы употребляете мясо?		
Выпиваете ли вы более трех чашек черного чая или кофе за день?		
Едите ли вы мало овощей?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен железом.

Тест на обеспеченность кальцием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Бывает ли у вас аллергия, например, на солнце?		
Принимаете ли вы регулярно препараты с кортизоном?		
Часто ли у вас бывают судороги?		
Выпиваете ли вы ежедневно меньше стакана молока?		
Употребляете ли вы мало таких молочных продуктов, как йогурт или сыр?		
Пьете ли вы ежедневно напитки типа «кола»?		
Употребляете ли вы мало зеленых овощей?		
Вы едите много мяса и колбасы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен кальцием.

Тест на обеспеченность витамином А и бета-каротином

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы «куриной слепотой»?		
Часто ли вы ночью водите машину?		
Много ли вы работаете с экраном компьютера?		
Ваша кожа сухая и шелушащаяся?		
Страдаете ли вы повышенной восприимчивостью к инфекции?		
Вы много курите?		
Вы редко едите темно-зеленые овощи, такие, как листовой салат, зеленая капуста или шпинат?		
Редко ли попадают в ваше меню сладкий перец, морковь и помидоры?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином А и бета-каротином.

Тест на обеспеченность витамином D

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Избегаете ли вы солнца?		
Вы едите мало рыбы, мяса и яиц?		
Избегаете ли вы масла или маргарина?		
Вы не едите грибы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином D.

Тест на обеспеченность витаминами группы В

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете себя неспособным к деятельности и лишенным энергии?		
Легко ли вы раздражаетесь?		
Часто ли вы подвергаетесь стрессам?		
Есть ли у вас проблемы с кожей, например, сухая кожа, трещины в уголках рта?		
Вы регулярно употребляете алкогольные напитки?		
Отдаете ли вы предпочтение продуктам из муки грубого помола?		
Вы не едите мясо вообще?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витаминами группы В.

Тест на обеспеченность витамином С

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы частыми простудами или повышенной восприимчивостью к инфекциям?		
Вы выкуриваете больше 5 сигарет в день?		
Часто ли вы принимаете медикаменты с ацетилсалициловой кислотой и обезболивающие?		

Редко ли вы едите свежие овощи?		
Вы едите мало сырых салатов?		
Часто ли вы едите сохраняющуюся в тепле или вновь разогретую еду?		
Вы варите овощи и картофель в большом количестве воды?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином С.

Тест на обеспеченность витамином Е

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы нарушениями кровоснабжения?		
У вас слабые соединительные ткани?		
Образуются ли у вас после повреждения некрасивые шрамы?		
Часто ли вы бываете на солнце?		
Вы курите?		
Часто ли вы подвергаетесь негативному влиянию, например, смога или выхлопных газов?		
Часто ли вы употребляете растительные масла?		
Вы не употребляете растительный маргарин?		
Вы не употребляете продукты из муки грубого помола?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином Е.

Обработка результатов и выводы.

Проанализируйте результаты тестовых заданий и сделайте вывод о степени обеспеченности вашего организма витаминами, макро- и микроэлементами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения пособия возможно использовать полученные знания на практике, а также самостоятельно пополнять знания по методам и техническим средствам, обеспечивающим защиту от опасных факторов. Поэтому в конце книги нам хотелось бы остановиться на общем алгоритме самостоятельного совершенствования своих компетенций.

1. При изучении новых опасностей и методов защиты от них обязательно добавляйте в понятийный ряд в области техносферной безопасности новые термины. Чем полнее понятийный ряд, тем меньше путаницы в голове.

2. Законодательная база в области техносферной безопасности, в общем, и в области промышленной безопасности в частности, в нашей стране еще не устоялась.

В дополнения к Трудовому кодексу и другим федеральным законам, регламентирующим техносферную безопасность, в систему стандартов безопасности труда, в санитарные нормы и правила регулярно вносятся изменения, причем некоторые из них носят характер кардинальных изменений. Полным ходом идет процесс приведения российских требований в области техносферной безопасности к требованиям Международной организации труда.

Важно следить за нормотворчеством в области техносферной безопасности, учитывать в профессиональной деятельности все изменения.

3. Теория безопасности, системы обеспечения электроснабжения, техника газового хозяйства, подъемно-транспортные машины, методы и техника тушения пожаров и обеспечения взрывобезопасности совершенствуются революционными темпами. Нужно изучать эти новые системы и методы, оценивать их влияние на безопасность, включать их в свой арсенал и использовать на практике.

4. Венцом всей практической деятельности в области техносферной безопасности является разработка проекта улучшения системы безопасности. Можно включить в схему разработки этого проекта следующие элементы:

- классификация опасности и набор статистики по рискам;
- определение основных поражающих факторов и параметров поражения и выбор методов их расчета;
- установление критериев поражения и расчет параметров риска;
- оценка степени опасности;
- обоснование комплекса мер и средств по снижению степени опасности до допустимых норм;
- разработка плана мероприятий по совершенствованию системы безопасности.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник/ Э.А. Арустамов А.И. Волощенко, Г.В. Гуськов, Н.А. Прокопенко, Н.В. Косолапова; под ред. Э.А. Арустамова. 19-е изд., перераб. и доп. М.: Дашков и К, 2015. - 448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Теория и практика: учебник для бакалавров / Я.Д. Вишняков [и др.] ; под общ. ред. Я.Д. Вишнякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2015. - 543 с.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2017. - 352 с.
4. Белов С.В., Симакова Е.Н. Ноксология: учебник для бакалавров. - М.: Юрайт, 2012. – 429 с.
5. Девисилов В.А., Ванаев В.С. Институционализация и генезис ноксологического образования // Безопасность в техносфере. - 2012. - № 4. - С. 59-67.
6. Катастрофы и человек: Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям / Ю.Л. Воробьев, Н.И. Локтионов, М.И. Фалеев и др. / под ред. Ю.Л. Воробьева. - М.: Изд-во АСТ-ЛТД, 1997. - Кн. 1. - 256 с.
7. Надежность технических систем и техногенный риск / В.А. Акимов, В.Л. Лапин, В.М. Попов и др. / под ред. М.И.Фалеева. - М.: ФИД «Деловой экспресс», 2002. - 368 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АХОВ - аварийно химически опасные вещества
АЭС - атомная электростанция
БЖД - безопасность жизнедеятельности
ВВ - взрывчатое вещество
ВДП - вибродемпфирующее покрытие
ВЗ - высокое загрязнение
ВОО - взрывоопасный объект
ГВС - газо-воздушная смесь
ГЖ - горючая жидкость
ГЗУ - грузозахватное устройство
ГН - гигиенические нормы
ГСМОС - глобальная система мониторинга окружающей среды
ДВС - двигатель внутреннего сгорания
ДМЭ - диметиловый эфир
ЕО - естественная опасность
ЕТР - европейская территория России
ЖКХ - жилищно-коммунальное хозяйство
ЗОС - защита окружающей среды
ЗПЦ - замкнутый промышленный цикл
ЗУ - защитное устройство
ИЗА - индекс защиты атмосферы
ИИ - ионизирующее излучение
ИК - инфракрасное излучение
ИСИЗ - изолирующее средство индивидуальной защиты
ИШ - источник шума
ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость
ЛИ - лазерное излучение
ЛОЗ - лазерноопасная зона
ЛЭП - линия электропередачи
МП - магнитный поток
НИДСТ - наилучшая из доступных современных технологий

НКПВ - нижний концентрационный предел воспламенения
НСТ - наилучшая существующая технология
НТР - научно-техническая революция
ОВ - отравляющее вещество
ОВОС - оценка воздействия на окружающую среду
ОКП - околоземное космическое пространство
ОПО - опасный производственный объект
ПДВ - предельно допустимый выброс
ПДД - предельно допустимая доза
ПДК - предельно допустимая концентрация
ПДС - предельно допустимый сброс
ПДУ - предельно допустимый уровень
ПлВС - пылевоздушная смесь
ПМП - постоянное магнитное поле
ПОО - пожароопасный объект
ПТМ - подъемно-транспортный механизм
ПУЭ - правила устройства электроустановок
РЛС - радиолокационная станция
РОО - радиационно опасный объект
РСЧС - единая государственная система предупреждения
 и ликвидации чрезвычайных ситуаций
СЗЗ - санитарно-защитная зона
СИЗ - средства индивидуальной защиты
СИЗОД - средства индивидуальной защиты органов
 дыхания
СанПиН - санитарные правила и нормы
СН - санитарные нормы
СНиП - строительные нормы и правила
СНН - сверхнизкое напряжение
СП - санитарные правила
СПАВ - соединения поверхностно-активных веществ
СПЖ - средняя продолжительность жизни
ТБО - твердые бытовые отходы
ТВЭЛ - тепловыделяющий элемент

ТПО - твердые промышленные отходы
ТЭС - тепловая электрическая станция
УЗ - уровень звука
УЗД - уровень звукового давления
УФИ - ультрафиолетовое излучение
ФГОС ВО - федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования
ХОО - химически опасный объект
ЦНС - центральная нервная система
ЧС - чрезвычайная ситуация
ЭВЗ - экстремально высокое загрязнение
ЭЗС - электрозащитное средство
ЭМ - экологический мониторинг
ЭМИ - электромагнитное излучение
ЭМП - электромагнитное поле
ЭСП - электростатическое поле
DL - летальная доза
INES (англ. INES - International Nuclear Event Scale) - Международная шкала радиационных событий
CL - смертельная концентрация

Учебное издание

Составитель:

Попков Артём Викторович

НОКСОЛОГИЯ

Учебное пособие

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать. Формат 60×40 1/16.

Усл. печ. л. Уч. изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Издательского центра

«Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.