

Н. Е. БЕСПАЛЬКО, А. В. КОЗАЧЕК

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ



**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

Н. Е. БЕСПАЛЬКО, А. В. КОЗАЧЕК

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

В ДВУХ ЧАСТЯХ

ЧАСТЬ 1

Утверждено Учёным советом университета в качестве учебного пособия для студентов всех направлений обучения уровней бакалавриата и магистратуры, изучающих дисциплины «Экология», «Медико-биологические основы БЖД», «Токсикология», «Промышленная экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Системы жизнеобеспечения человека», а также для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 05.03.06 «Экология и природопользование», 20.03.01 «Техносферная безопасность», направлениям подготовки магистров 05.04.06 «Экология и природопользование», 20.04.01 «Техносферная безопасность»

Учебное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2023

УДК 502.12
ББК 30н607
Б53

Рецензенты:

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры
«Химия и химические технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ»
И. В. Зарапина

Кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой
биологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «ТГУ им. Г. Р. Державина»
Е. В. Малышева

Б53 Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности и медицинская экология [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2-х ч. / Н. Е. Беспалько, А. В. Козачек. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ».

ISBN 978-5-8265-2583-8

Ч. 1. – 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 2,7 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2584-5

Содержит теоретический курс, включающий список рекомендуемой литературы.

Предназначено для студентов всех направлений обучения уровней бакалавриата и магистратуры, изучающих дисциплины «Экология», «Медико-биологические основы БЖД», «Токсикология», «Промышленная экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Системы жизнеобеспечения человека», а также для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 05.03.06 «Экология и природопользование», 20.03.01 «Техносферная безопасность», направлениям подготовки магистров 05.04.06 «Экология и природопользование», 20.04.01 «Техносферная безопасность».

Может быть полезно как преподавателям, ведущим курс по дисциплинам «Медико-биологические основы БЖД», «Токсикология», «Промышленная экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Системы жизнеобеспечения человека», так и лицам, интересующимся данной проблематикой.

УДК 502.12
ББК 30н607

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2583-8 (общ.)
ISBN 978-5-8265-2584-5 (ч. 1)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2023

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье до того перевешивает все остальные блага жизни, что поистине здоровый нищий счастливее больного короля.

А. Шопенгауэр

На протяжении всей человеческой истории существует проблема взаимодействия людей с окружающей средой. Масштабы этой проблемы стали нарастать с момента овладения человеком огня, который он использовал не только для обогрева и защиты, но и для ведения охоты. В течение тысячелетий происходило выравнивание мощи антропогенного влияния на среду обитания с природным, к которому люди должны были приспосабливаться.

Результат действия природных факторов проявлялся не только в медленно изменяющихся физико-географических обстановках, но и в региональных и глобальных природных катастрофах. Невозможность быстрого приспособления флоры и фауны окружающего мира к глобальным переменам, происходящим в природной системе, приводило к массовым вымираниям организмов.

Рубежи крупнейших массовых вымираний были использованы в геологии в качестве главных реперов периодизации геологических событий и геохронологических границ. Таковыми являются границы между эрами (эратемами), периодами (системами), эпохами (отделами) и веками (ярусами) единой геохронологической шкалы.

Проходя эволюционные периоды своего развития, человек вынужден был приспособиться к изменениям, происходящим в природной среде. В этом ему содействовала миграционная свобода, позволяющая выбирать оптимальное место обитания.

Со временем произошла концентрация людей в городских поселениях, и возникли городские агломерации. Но от этого взаимодействие человека со средой обитания не только не снизилось, но еще более возросло, так как все необходимое для своей жизнедеятельности, в том числе и материальные блага, человек получал от природы.

1. ГРАНИЦЫ СОПРИКОСНОВЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

1.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ВЗАИМОСВЯЗИ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.

В конце первобытнообщинного и во время рабовладельческого строя стали появляться первые симптомы экологических кризисов и среди них опустынивание Северной Африки, продолжительные засухи в междуречье Тигра и Евфрата, где располагались первые земледельческие цивилизации. Философы Древней Греции и Китая призывали жить в полном согласии с природой, не нарушать природных законов и указывали на необходимость выработки основных экологических принципов. Но гармоническая жизнь того периода нередко нарушалась катастрофическими процессами как природного характера (землетрясения, извержения вулканов, наводнения, цунами и т.д.), так и спровоцированными хозяйственной деятельностью людей (наводнения и опустынивание из-за интенсивной ирригации и мелиорации, возникновение снежных лавин, ускорение гравитационных процессов). Природные, или экологические, условия жизни менялись и под прямым воздействием человека, например, войны как между отдельными племенами, так и крупнейшие завоевательные войны древности, и среди них в первую очередь надо отметить завоевания Александра Македонского. Подобные войны не только несли опустошения вследствие боевых действий, но и целенаправленно ухудшали среду обитания противника. Специально устраивались наводнения, менялись направления рек, создавались благоприятные обстановки для развития геологических чрезвычайных ситуаций.

Большой вред окружающей среде наносили непреднамеренные хозяйственные действия людей. Еще около 50 00 лет назад в результате деятельности скотоводческих племен возникла пустыня Сахара. Незадолго до этого в Север-

ной Африке располагались саванны и отдельные лесные массивы, текли реки и находились озера. Об этом свидетельствует культура Тассили Аджер. В центре современной пустыни Сахары, в Алжире, офицером французских колониальных войск была обнаружена наскальная живопись. Древний художник изобразил жанровые сценки из жизни племени, а также нарисовал животных, которые обитали только на берегах озер и в широких поймах полноводных рек. В процессе археологических раскопок были найдены рыболовные крючки и снасти, большое количество рыбьих костей, предметы утвари. Все это свидетельствовало о том, что племена обитали вблизи озер и полноводных рек и кроме охоты занимались рыбной ловлей. Эти территории, ныне практически совершенно лишены воды и растительности, в то далекое время не только были обитаемы, но и имели совершенно другие ландшафты, которые могли быть изменены действием скотоводческих племен, пришедших на смену охотничьим и собирательским племенам.

Скотоводческие племена выжигали саванные рощи и леса, а скот вытаптывал оголенные пространства. Периодически кочуя и осваивая новые участки, племена оголили огромные территории. Все это привело к тому, что ландшафты Северной Африки, располагавшиеся в области господства переменновлажного климата и находившиеся в динамическом равновесии с существующими климатическими условиями, усилиями первобытных людей были изменены. Оголение обширных пространств привело к тому, что уровень грунтовых вод резко понизился, усилилась засушливость и стремительно стали развиваться процессы опустынивания. К такому же результату привела антропогенная деятельность и на других территориях: возникновение пустыни Калахари и опустынивание местности в Месопотамии. Активизация эоловых процессов, спровоцированных антропогенной деятельностью, вызвала погребение песками многих городов, поселений и оазисов Средней и Передней Азии.

В средневековье экологические кризисы не приобрели глобального характера. Слишком слабым было воздействие человека на природную среду. Нарушенные им ландшафты успевали вновь возродиться. Только с началом

эпохи технологического скачка, т.е. с конца XVII и начала XVIII вв., воздействие человеческой деятельности на среду его обитания становится всеобщим.

С этого времени начинается разработка экологической проблематики учеными различных направлений, возникает экологическая наука, в практику антропогенной деятельности внедряются основные принципы и положения экологии. На протяжении XX в. исследования экологической направленности стали широко проводиться в различных отраслях геологической, географической и почвоведческой наук. Появились новые термины: «окружающая среда», «геологическая среда», «экология географической оболочки», «геоэкология», «экогеология», «экогеография». Это было время целенаправленных исследований экологического характера и сознательного поиска терминов для новой отрасли знаний о взаимодействии геосфер Земли и антропогенном влиянии на среду обитания человека.

Между человеком и окружающей средой выстраиваются многочисленные связи, позволяющие существовать одновременно и как природному и как социальному существу. В выстроенных связях могут развиваться изменения, угрожающие жизни человека. Поэтому на протяжении всего своего исторического существования люди пытались найти согласие со средой обитания, адаптироваться к возникающим переменам, чтобы обезопасить свою жизнь.

1.2. ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Селье Г. подошел к проблеме адаптации с новых оригинальных позиций. Он ввел новое понятие «*стресс-факторы*» – это факторы, воздействие которых приводит к адаптации. Другое их название – *экстремальные факторы*. Экстремальными могут быть не только отдельные воздействия на организм, но и измененные условия существования в целом, например, перемещение человека с юга на Крайний Север и т.д. По отношению к человеку адаптогенные факторы могут быть природными и социальными, связанными с трудовой деятельностью.

Природные факторы. В ходе эволюционного развития живые организмы адаптировались к действию широкого спектра природных раздражителей.

Действие факторов, вызывающих развитие адаптационных механизмов, всегда является комплексным, так что можно говорить о действии группы факторов того или иного характера. Так, например, все живые организмы в ходе эволюции прежде всего приспособились к земным условиям существования: определенному барометрическому давлению и к гравитации, уровню космических и тепловых излучений, строго определенному газовому составу окружающей атмосферы и т.д.

Следует отметить, что природные факторы действуют как на организм животных, так и на организм человека. В том и другом случаях эти факторы приводят к различию адаптированных механизмов физиологической природы. Однако, человек помогает себе приспособливаться к условиям существования, используя, кроме своих физиологических реакций, еще и различные защитные средства, которые дала ему цивилизация: одежду, дома и т.д. Это освобождает организм от нагрузки на некоторые адаптивные системы и имеет отрицательные для организма стороны: снижает способность адаптироваться к природным факторам. Например, к холоду.

Социальные факторы. Помимо того, что человеческий организм подвержен тем же природным влияниям, что и организмы животных, социальные условия жизни человека, связанные с его трудовой деятельностью, породили специфические факторы, к которым необходимо адаптироваться. Их число растет с развитием цивилизации.

Так, с расширением среды обитания появляются совершенно новые для человеческого организма условия и воздействия. Например, космические полеты приносят новые комплексы воздействий. К их числу относится невесомость – состояние, абсолютно неадекватное для любого организма. Невесомость сочетается с гиподинамией, изменениями суточного режима жизни и др.

Люди, проникающие в недра Земли или совершающие глубоководные погружения, подвергаются воздействию непривычно высокого давления, влажности, дышат воздухом с повышенным содержанием кислорода.

Работа в горячих цехах или холодном климате создает факторы, требующие расширенного диапазона адаптации к крайним температурам. Выполняя свои служебные обязанности, человек вынужден приспосабливаться к шуму, изменению освещенности.

Загрязнение окружающей природы, включение в пищу большого числа синтетических продуктов, алкогольных напитков, злоупотребление медикаментами, курение – все это дополнительная нагрузка для гомеостазируемых систем организма современного человека.

В ходе развития общества видоизменяется и производственная деятельность людей. Физический труд во многом заменяется работой машин и механизмов. Человек становится оператором у пульта управления. Это снимает физическую нагрузку, но одновременно на первый план выходят новые факторы, например гиподинамия, стресс, отрицательно сказывающиеся на всех системах организма.

Другой стороной социальных влияний механизированного труда является нарастание нервно-психического напряжения, пришедшего на смену физическому. Оно связано с возросшими скоростями производственных процессов, а также с повышенными требованиями к вниманию и сосредоточенности человека.

1.3. ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Охрана здоровья и человека, и окружающей природной среды является одной из важнейших проблем, включающей множество разнообразных аспектов: политических, социальных, экономических, биологических, медицинских и др.

Выбор стратегии профилактики определяется комплексом критериев, среди которых определяющим является критерий предупреждения (недопущения) вредного действия. Данный критерий (норматив) должен отвечать нескольким основным требованиям: быть обязательным для соблюдения; иметь

комплексное внедрение; быть доступным для контроля; гарантировать на уровне современных научных знаний отсутствие прямого, косвенного или опосредованного вредного действия в ближайшие и отдаленные периоды.

Концепция нормирования впервые была разработана в области гигиены труда еще в 1920-е гг. Первоначально в СССР, а затем в США и других странах в санитарные законодательства были введены предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В 1930 – 1950 годы были заложены основы методологии гигиенического нормирования химических веществ в воде водоемов, атмосферном воздухе населенных мест, почве, продуктах питания. В нашей стране и за рубежом была разработана и нашла широкое практическое применение методология гигиенического нормирования качества окружающей среды, основанная на принципиальном положении о соответствии ПДК безвредным для организма человека уровням, не оказывающим ни прямого, ни опосредованного влияния на здоровье настоящего и будущего поколений.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека организует деятельность системы государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации. Органы и учреждения службы в соответствии с возложенными на них задачами осуществляют государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование осуществляется в соответствии с Положением, утвержденным Правительством Российской Федерации.

Основной задачей государственного санитарно-эпидемиологического нормирования является установление санитарно-эпидемиологических требований, обеспечивающих безопасность для здоровья человека, среды его обитания.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование включает в себя:

– разработку единых требований к проведению научно-исследовательских работ по обоснованию санитарных правил;

- контроль за проведением научно-исследовательских работ по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию;
- разработку (пересмотр), экспертизу, утверждение и опубликование санитарных правил;
- контроль за внедрением санитарных правил, изучение и обобщение практики их применения;
- регистрацию и систематизацию санитарных правил, формирование и ведение единой федеральной базы данных в области государственного санитарно-эпидемиологического нормирования.

Нормативными правовыми актами, устанавливающими санитарно-эпидемиологические требования, являются государственные санитарно-эпидемиологические правила (санитарные правила, санитарные правила и нормы, санитарные нормы, гигиенические нормативы), содержащие:

- гигиенические и противоэпидемические требования по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, профилактики заболеваний человека, благоприятных условий его проживания, труда, быта, отдыха, обучения и питания, а также сохранения и укрепления его здоровья;
- оптимальные и предельно допустимые уровни влияния на организм человека факторов среды его обитания;
- максимально или минимально допустимое количественное и(или) качественное значение показателя, характеризующего с позиций безопасности и (или) безвредности для здоровья человека тот или иной фактор среды его обитания.

Санитарные правила (СП) – нормативный правовой акт, устанавливающий гигиенические и противоэпидемические требования по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, профилактики заболеваний человека, благоприятных условий его проживания, труда, быта, отдыха, обучения и питания, а также сохранения и укрепления его здоровья.

Санитарные нормы (СН) – нормативно-правовой акт, устанавливающий оптимальные и предельно допустимые уровни влияния комплекса факторов среды обитания человека на его организм.

Гигиенические нормативы (ГН) – нормативно-правовой акт, устанавливающий гигиенические и эпидемиологические критерии безопасности и безвредности отдельных факторов среды обитания человека для его здоровья.

Санитарные, правила и нормы (СанПиН) – нормативно-правовой акт, объединяющий требования отдельных санитарных правил, норм и гигиенических нормативов.

К методическим документам системы санитарно-эпидемиологического нормирования относятся:

– *руководство (Р)* – свод обязательных к исполнению руководящих, распорядительных и методических документов по вопросам организации государственного санитарно-эпидемиологического надзора, санитарно-эпидемиологического нормирования, выполнения требований санитарного законодательства;

– *методические указания (МУ)* – документы, устанавливающие обязательные к исполнению требования по организации и проведению государственного санитарно-эпидемиологического надзора, регламентации деятельности в системе государственного санитарно-эпидемиологического нормирования, а также по другим вопросам организации работы учреждений, должностных лиц и специалистов Государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации по выполнению возложенных на них функций;

– *методические указания по методам контроля (МУК)* – документы, содержащие обязательные для исполнения требования к методам контроля и методикам качественного и количественного определения химических, биологических и физических факторов среды обитания человека, которые оказывают или могут оказать опасное и вредное влияние на здоровье населения.

Государственные санитарно-эпидемиологические правила (далее именуются «санитарные правила») устанавливают единые санитарно-эпидемиологические требования к:

– планировке и застройке городских и сельских поселений;

– продукции производственно-технического назначения, товарам для личных и бытовых нужд и технологиям их производства;

- потенциально опасным для человека химическим, биологическим веществам и отдельным видам продукции;
- пищевым продуктам, пищевым добавкам, продовольственному сырью, а также контактирующим с ними материалам и изделиям и технологиям их производства;
- продукции, ввозимой на территорию Российской Федерации;
- организации питания населения;
- водным объектам;
- питьевой воде и питьевому водоснабжению населения;
- атмосферному воздуху в городских и сельских поселениях, на территориях промышленных организаций, воздуху в рабочих зонах производственных помещений, жилых и других помещениях;
- почвам, содержанию территорий городских и сельских поселений, промышленных площадок;
- сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления;
- жилым помещениям;
- эксплуатации производственных, общественных помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта;
- условиям труда;
- условиям работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и их токсинами;
- условиям работы с источниками физических факторов воздействия на человека;
- условиям воспитания и обучения;
- организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий;
- санитарной охране территории Российской Федерации;
- порядку осуществления ограничительных мероприятий (карантина);

- порядку осуществления производственного контроля;
- мерам, направленным на предупреждение возникновения и распространения инфекционных заболеваний, массовых неинфекционных заболеваний (отравлений), в том числе применяемым в отношении больных инфекционными заболеваниями;
- организации и проведению гигиенического воспитания и обучения.

Нормативные правовые акты, затрагивающие права, свободы и обязанности человека и гражданина, устанавливающие правовой статус организаций или имеющие межведомственный характер, подлежат официальному опубликованию в установленном порядке, кроме актов или отдельных их положений, содержащих сведения, составляющие государственную тайну, или сведения конфиденциального характера.

Нормативные правовые акты, касающиеся вопросов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, принимаемые федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, решения юридических лиц по указанным вопросам, государственные стандарты, строительные нормы и правила, правила охраны труда, ветеринарные и фитосанитарные правила не должны противоречить санитарным правилам.

В соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» соблюдение санитарных правил является обязательным для граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны иметь официально изданные санитарные правила и методики контроля факторов среды обитания в соответствии с осуществляемой ими деятельностью.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование является одним из важнейших инструментов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Гигиенический норматив – это устанавливаемое в законодательном порядке, обязательное для исполнения всеми ведомствами, органами и организациями допустимое максимальное или минимальное количественное и (или) качественное значение показателя, характеризующего тот или иной фактор среды обитания с позиций его безопасности и (или) безвредности для человека. К настоящему времени отечественной гигиенической наукой накоплен огромный массив данных о параметрах токсичности и опасности, значениях ПДК для нескольких тысяч химических веществ.

При разработке основных принципов гигиенического нормирования ксенобиотиков в окружающей человека среде гигиеническая наука опирается на положение о том, что нарушение состояния здоровья людей, вызванное их воздействием, может возникать при наличии трех условий:

- источника поступления вредного агента в окружающую среду;
- фактора воздействия;
- восприимчивого организма.

При отсутствии одного из этих условий изменений в состоянии здоровья не произойдет.

В основе методологии гигиенического нормирования вредного фактора лежат следующие принципы.

Принцип безвредности гигиенического норматива (примат медицинских показаний) основан на том, что при обосновании норматива вредного фактора в окружающей среде принимаются во внимание в первую очередь особенности его действия на организм человека и на санитарные условия жизни.

Принцип опережения обоснования и осуществления профилактических мероприятий до момента образования и (или) воздействия тех или иных вредных факторов. Данный принцип является основополагающим в методологии гигиенического нормирования, поскольку производство и применение недостаточно изученных потенциально опасных агентов сопряжено с риском для здоровья населения. Кроме того, нарушение принципа опережения может приводить к значительным экономическим потерям из-за задержки производства.

На практике выполнение принципа опережения сталкивается с огромными сложностями, что обусловлено отставанием токсикологических и гигиенических исследований от технологических разработок из-за высокой стоимости и длительности научных исследований по установлению гигиенического норматива.

Таким образом, возникает противоречие между потребностями практики в гигиенических нормативах и реальными возможностями научных учреждений для их обоснования. Очевидно, что гигиенические нормативы практически не могут быть основаны на результатах исследований состояния здоровья населения, подвергавшегося воздействию вредного фактора (многофакторность воздействия; длительность латентного периода развития злокачественных новообразований). Вместе с тем и экспериментальные исследования, проводимые по классическим (полным) схемам гигиенического нормирования, не в состоянии обеспечить выполнение принципа опережения. Проблема интенсификации исследований по оценке опасности вредного фактора чрезвычайно актуальна во всем мире. По данным Международной программы по химической безопасности, даже в экономически развитых странах достаточно исследована в токсикологическом плане лишь небольшая часть широко используемых потенциально опасных веществ.

Разрешение вышеуказанного противоречия лежит в оптимизации экспериментальных исследований (стадийность, пошаговая стратегия), взаимопользовании данных, полученных в различных разделах профилактической токсикологии, гигиены, экологии, а также в разработке и широком внедрении в практику расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогнозирования.

Принцип единства молекулярных, структурных и функциональных изменений как основа для дифференциации вредных и безвредных воздействий. Суть этого принципа заключается в том, что один какой-либо показатель состояния организма, изменения которого хотя и не достигли области патологии, но вышли за пределы физиологических колебаний, не может служить

основой для суждения о вредности или безвредности исследуемой дозы или концентрации вещества. Более весомым с позиции критерия вредности является наличие интегральных сдвигов, оцениваемых на организменном уровне. Изменения со стороны отдельных органов и систем, нарушения на клеточном и молекулярном уровнях принимаются во внимание с учетом их характера и выраженности.

Критериями вредного действия являются: физиолого-биохимико-морфологические параллели, изучение специфичности и направленности выявленного сдвига, направленности изменений во времени (наличие или отсутствие прогрессирования сдвига при продолжающемся воздействии, длительность сохранения изменений в восстановительный период после прекращения воздействия), исследование состояния метаболических превращений и кинетики токсических веществ в организме.

Общебиологические критерии вредности: сокращение средней продолжительности жизни, нарушение физического развития, изменение деятельности центральной нервной системы, нарушение способности к адаптации в среде обитания.

Критерии, характеризующие психосоциальные нарушения: нарушение психических функций, угнетение эмоциональной сферы, нарушение межличностных отношений, снижение способности к творческой производственной деятельности, нарушение динамического стереотипа поведения.

Нарушения репродуктивной функции: изменение генетического материала, влияние на сперму, плодовитость и бесплодие, пред- и постимплантационная гибель или задержка развития, биохимические, физиологические и поведенческие изменения у потомства, уродства и другие пороки развития.

Канцерогенное действие: возникновение опухолей, учащение случаев спонтанных опухолей и сокращение латентного периода их развития, возникновение опухолей в иной, чем в контроле, локализации.

Физиологические критерии: функциональная деятельность физиологических систем (центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, эндокринной и т.д.), функции приспособительных (регуляторных) механизмов, преждевременное старение, биологические ритмы, поведенческие реакции.

Биохимические критерии: биохимические константы тканей, нарушение структуры и пространственной организации нуклеиновых кислот и их химическая модификация.

Иммунологические критерии: неспецифические показатели иммунологической реактивности, антитела как специфический фактор иммунитета, гиперчувствительность немедленного и (или) замедленного типов.

Метаболические критерии: скорость метаболизма и выведения вещества из организма в зависимости от его дозы, накопление вещества в критических органах в зависимости от дозы, появление в крови органотропных ферментов, угнетение активности и поражение ключевых ферментов метаболических систем, активность микросомальных ферментов печени, изменение активности ферментов лизосомального происхождения в сочетании с эффектом лабилизации мембран лизосом, компенсаторное увеличение активности ферментной системы, для которой яд является субстратом, нарушение взаимодействия ферментных систем.

Морфологические критерии: деструктивные и дистрофические изменения клеточных структур, содержание биополимеров в клетках, сдвиги в ферментных системах клеток при гистоэнзимологическом анализе, функциональная активность внутриклеточных органелл при электронно-микроскопическом анализе, активация ДНК-синтезирующей функции клетки, процессы микроциркуляции в органах, повышение индекса дегрануляции системы тучных клеток.

Статистические критерии: для жестких биологических показателей (коэффициент вариации менее или равен 10%) критический уровень значимости сдвига по Стьюденту – 0,1; для пластичных (коэффициент вариации

10...40%) критический уровень сдвига – 0,05; для высокопластичных (коэффициент вариации выше 40%) критический уровень значимости сдвига – 0,01.

По мнению И. В. Саноцкого и И. П. Улановой, статистический критерий вредного действия должен соответствовать выходу за пределы динамической нормы, т.е. за пределы обычных сезонных колебаний показателей (но не просто достоверное отличие от параллельного контроля).

Существуют и другие критерии вредности действия, однако, говоря о критериях вредности, принципиально важно отметить, что для формирования критериев вредного действия наряду с определением понятия «норма» необходимо установить границы между состояниями нормы, адаптации, препатологии и патологии. Причем демаркационные грани нормы, пределы гомеостатических колебаний показателей жизнедеятельности так же, как и сами показатели, зависят от уровня исследований:

– молекулярный – клеточный – тканевой – органный – системный – организменный – популяционный. Очевидно, что критерии нормы и патологии (в контексте разграничения вредных реакций) различаются не только у клеток, тканей и организма, но и у отдельных особей в популяции.

Если рассматривать спектр всех возможных реакций организма человека на химическое воздействие, можно дифференцировать следующие виды биологических ответов: смертность, заболеваемость, физиологические и биохимические признаки болезни, сдвиги в организме неизвестной этиологии, накопление ксенобиотиков в органах и тканях.

1.4. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гигиенические нормативы качества окружающей среды устанавливаются с учетом возможной реакции наиболее чувствительной группы населения (например, дети, пожилые люди), причем сила воздействия должна быть ниже 4-го уровня, т.е. ниже защитно-приспособительных реакций.

Критерии вредного действия тесно связаны с двумя другими принципами гигиенического нормирования – принципом пороговости и принципом зависимости эффекта от концентрации/дозы и времени.

Принцип пороговости действия является основополагающим принципом нормирования. Он предполагает существование доз/концентраций, не проявляющих токсического или иного неблагоприятного влияния на организм. Вопрос о возможности установления порога вредного действия для большинства типов действия химических соединений не вызывает сомнений. Однако для мутагенов и канцерогенов этот вопрос до настоящего времени остается спорным. Беспороговая концепция нормирования используется в радиационной гигиене и в гигиенической практике в США при установлении допустимых уровней канцерогенов. При этом в качестве допустимой величины риска появления одной дополнительной злокачественной опухоли используют значение 10^{-6} (для населения) или 10^{-5} (работающие). Представление о беспороговости воздействия генотоксических канцерогенов явилось следствием допущения существования мономолекулярного механизма связи мутагена с основаниями нуклеиновых кислот.

В основе принципа пороговости лежат такие принципиальные положения, как существование широкого спектра реакций организма на внешнее воздействие; возможность скачкообразного перехода несущественных количественных изменений состояния организма в новые качественные; наличие постоянного обновления и регенерации биологических структур, процессов адаптации и компенсации. В современной отечественной гигиене утвердилось мнение, что за пороговый уровень воздействия должны быть приняты физиологические реакции, носящие приспособительный, адаптивный характер и свойственные здоровому организму. Их следует отличать от компенсаторных физиологических реакций, целью которых является замещение нарушенной функции, а не адаптация здорового организма. Несмотря на ясность в теоретическом плане, в практике гигиенического нормирования при оценке полученных экс-

периментальных данных обоснование пороговых доз/концентраций остается одним из самых сложных вопросов.

Принцип пороговости неразрывно связан с другим принципом гигиенического нормирования – зависимости эффекта от концентрации/дозы и времени воздействия. Величина дозы и (или) концентрации, а также продолжительность экспозиции не только определяют время появления биологического эффекта, но и нередко влияют на его качественные характеристики (в условиях острых воздействий бензол в основном оказывает влияние на центральную нервную систему, а при длительном воздействии малых доз и концентраций вызывает поражение системы кроветворения). Характер зависимости «доза – время – эффект» определяется соотношением процессов накопления вещества или его эффектов в организме – кумуляции и процессов приспособления организма к данному яду (адаптация, компенсация). Разграничение адаптации и компенсации проводится с использованием адекватных механизму действия вредного вещества экстремальных и функциональных нагрузок (фармакологических, физиологических и др.).

Принцип биологического моделирования для обоснования степени вредности и опасности нормируемого фактора отражает необходимость его опережающей гигиенической оценки до применения в хозяйственной деятельности. Возможности получения сведений о степени и характере токсичности и опасности химических веществ непосредственно для человека в силу соображений гуманности весьма ограничены. Лишь в ряде случаев (например, при определении порогов раздражающего или ольфакторного действия) эксперимент проводится на людях. Основопологающей, базовой моделью при исследовании токсических и отдаленных эффектов являются лабораторные животные (млекопитающие). При этом воспроизводятся соответствующие реальные условия поступления веществ в организм (путь введения, экспозиция, режим воздействия и т.д.), учитываются возрастные, видовые, половые особенности экспериментальных животных.

Известно, что различия в чувствительности человека и животных к воздействию химических соединений объясняются в значительной мере скоростью всасывания, распределения, выведения веществ, видовыми особенностями обмена веществ, в частности, скоростью метаболизма, различиями в способности ферментных систем к детоксикации. В большинстве случаев удается выбрать адекватную лабораторную модель для воспроизведения патологических процессов, наблюдаемых у человека. Более сложным является количественный перенос на человека данных об уровнях воздействия, эффективных для животных. Поэтому предложено использовать аллометрические соотношения чувствительности различных видов млекопитающих и их масс тела, проводить расчет дозы на площадь поверхности тела, рассчитывать коэффициент видовой чувствительности, учитывать комплекс показателей (основной обмен, объем сердечной деятельности, коэффициент церебрации, массу тела).

Для большей надежности экстраполяции данных с лабораторных животных на человека при переходе от эксперимента к величине ПДК используется коэффициент запаса, определяемый исходя из показателей опасности и токсичности вещества, степени выраженности видовых различий в чувствительности. Правила выбора величины коэффициента запаса регламентированы для каждого из объектов окружающей среды (вода, почва, атмосферный воздух, воздух рабочей зоны, продукты питания). В последние десятилетия международными организациями ставится вопрос о более широком использовании альтернативных методов исследования.

В связи со специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств воды, почвы, атмосферного воздуха, пищевых продуктов животного и растительного происхождения, особенностями их воздействия на организм человека гигиенические нормативы устанавливаются отдельно для каждого объекта (**принцип разделения объектов санитарной охраны**). Специфические особенности нормирования вредных веществ в различных объектах окружающей среды представлены ниже.

Однако в реальных условиях одним и тем же токсикантом могут быть загрязнены, например, воздух, вода, почва и какие-либо продукты питания – в этих случаях при осуществлении надзора сложно ориентироваться на гигиенический норматив, предназначенный для контроля за загрязнением отдельно взятых компонентов окружающей среды. В таких случаях оценку степени неблагоприятного влияния загрязнения объектов среды обитания на здоровье целесообразно производить с использованием методологии оценки риска, которая позволяет учитывать все воздействующие среды, особенности межсредовых переходов загрязнителей.

Воздействие вредного фактора на состояние здоровья человека может происходить не только прямым, но и косвенным путем (например, вследствие ограничения водопользования, отказа населения от контролируемого вод источника и перехода к неконтролируемому источнику питьевой воды и т.д.). В связи с этим при нормировании химических соединений в различных объектах окружающей среды учитываются различные виды неблагоприятного воздействия на среду и организм человека (табл. 1.1).

Для вывода конечной величины ПДК используется **принцип лимитирующего показателя вредности**, в соответствии с которым выбор норматива осуществляется по наименьшей из концентраций, установленных по различным критериям вредности (принцип учета «слабого звена», «узкого места») (табл. 1.1).

Исходя из того, что комплекс нормативных показателей (ПДК, ОБУВ, ОДУ, ДУ) представляется в виде простых цифровых величин, несущих законодательную, медицинскую и многие другие функции, большое значение имеет соблюдение **принципа стандартизации условий и методов гигиенического нормирования**. На практике данный принцип реализован в виде методических указаний, рекомендаций, государственных стандартов, регламентирующих условия проведения исследований, применяемые методы, принципы оценки и т.д.

Практическая реализация принципа опережения, разработка и внедрение эффективных профилактических мероприятий возможны при соблюдении **принципа этапности в проведении исследований**. Данный принцип отражает необходимость определения стратегии исследований, выделения его важнейших этапов, проводимых в строгой последовательности и по возможности синхронно с этапами внедрения новых веществ и материалов. Этапы и правила формирования заключений (решений) на каждом из этапов зависят от объекта окружающей среды.

**1.1. Виды неблагоприятных воздействий
на организм человека и окружающую среду
и связанные с ними показатели вредности**

Негативное воздействие	Показатели вредности
Общетоксическое, гонадоэбриотоксическое, тератогенное, мутагенное, канцерогенное, сенсibiliзирующее, нейротоксическое, кожно-резорбтивное	Резорбтивный Санитарно-токсикологический
Раздражающее действие на дыхательные пути и легкие, на слизистые оболочки организма, ольфакторное действие	Рефлекторный
Изменение качества объекта среды, проявляющееся появлением окраски, пленки, пены, мутности, посторонних запахов, привкуса, опалесценции	Органолептический
Изменение численности сапрофитной микрофлоры	Общесанитарный
Увеличение уровней миграции в смежные среды до опасных пределов	Миграционно-водный Миграционно-воздушный
Накопление вредного вещества в продуктах питания растительного происхождения	Фитоаккумуляционный
Изменение прозрачности атмосферы, растительности, бытовых условий	Санитарно-гигиенический

Принимая во внимание, что результаты экспериментальных исследований в любой отрасли науки – это лишь приближение к истине в той мере, которую допускают использованные методы исследования, важным принципом гигиенического нормирования является **принцип единства экспериментальных и натуральных (гигиенических, медицинских, эпидемиологических) исследований**. Единственный достоверный критерий истины – практика. С учетом этого принципа были пересмотрены ПДК ряда веществ, например, в воде водных объектов пересмотрены и снижены ПДК свинца и мышьяка, повышены ПДК цинка и стабильного стронция, уточнены ПДК ряда алифатических спиртов.

Указанные принципы легли в основу методических схем исследований по гигиеническому нормированию вредных факторов в объектах окружающей среды.

1.4.1. Особенности гигиенического нормирования химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест

В основу гигиенического нормирования атмосферных загрязнений положены три критерия вредности, сформулированные В. А. Рязановым.

1. Допустимой признается только та концентрация вещества в атмосферном воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного или неприятного воздействия, не оказывает влияния на самочувствие и состояние работоспособности.

2. Привыкание к загрязнителям атмосферного воздуха должно рассматриваться как неблагоприятный эффект.

3. Концентрации химических веществ в атмосферном воздухе, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности (микроклимат), прозрачность атмосферы и условия жизни населения, следует считать недопустимыми.

Существующая практика гигиенического нормирования ксенобиотиков в атмосферном воздухе населенных мест основана главным образом на одном

и двух критериях вредности. Экологические эффекты атмосферных загрязнений при разработке ПДК не исследуются.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) атмосферных загрязнений – это концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее и будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовые условия жизни.

В атмосферном воздухе устанавливается две ПДК: максимально разовая и среднесуточная, что объясняется чрезвычайной динамичностью среды и резким колебанием концентраций химических веществ в атмосферном воздухе.

Экспериментальные исследования по обоснованию ПДК атмосферных загрязнений складываются из двух основных этапов.

1. Определение на волонтерах вероятностных пороговых уровней рефлекторного воздействия химических веществ в условиях краткосрочного эксперимента с последующим установлением максимальной разовой ПДК (20 – 30-минутного периода осреднения) на уровне 98% вероятности ее появления. В ряде случаев вместо ПДК может применяться ОБУВ (ориентировочно безопасный уровень воздействия) – норматив, устанавливаемый расчетным путем с использованием различных токсикометрических параметров.

2. Изучение резорбтивного действия в условиях круглосуточной ингаляционной затравки лабораторных животных (в частности, белых крыс) осуществляется на вероятностной основе с использованием дозо-временных и дозо-эффективных зависимостей. Определение пороговой концентрации проводится графически по дозо-эффективным кривым на уровне спонтанного фона. Установление среднесуточной ПДК связано с определением класса опасности вещества по основным токсикометрическим параметрам (табл. 1.2). С учетом последних формируется интегральный показатель, который является основой для расчета дифференцированных коэффициентов запаса.

1.2. Параметры токсикометрии, используемые для установления класса опасности химических загрязнений атмосферного воздуха

Параметры токсикометрии	Вес	Количественные критерии			
		I класс опасности	II класс опасности	III класс опасности	IV класс опасности
Средняя смертельная концентрация, мг/м ³	0,5	<500	500...5000	5000...5001	>5000
Средняя смертельная доза, мг/кг	0,5	<15	15...150	151...1500	>1500
Зона острого действия	0,75	<6	6...18	18,1...54	>54
Зона хронического действия	1,25	>625	625...126	125...25	<25
Зона биологического действия	1,25	>50000	50000...5001	5000...500	<500
Зона специфического действия	1,25	>9	9...3,1	3...1,0	<1,0
Значения наименьшей величины порога хронического действия, мг/м	1,0	<0,01	0,01...0,1	0,11...1,0	>1,0
Значение максимально недействующей или минимально эффективной концентрации (с учетом спонтанного фона), мг/м ³	1,0	<0,001	0,001...0,01	0,011...0,5	>0,5

Химические загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на четыре класса опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высокоопасные;
- 3-й класс – умеренно опасные;
- 4-й класс – малоопасные вещества.

1.4.2. Особенности гигиенического нормирования химических веществ в водной среде

Особенности гигиенического нормирования химических веществ в водной среде обусловлены универсальной ролью воды в биосфере и хозяйственной деятельностью, что предполагает необходимость нормирования экзогенных химических веществ в зависимости от вида использования воды. С гигиенических позиций оценивается уровень загрязнения воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) химического вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – максимальная концентрация вещества в воде, которая при поступлении в организм в течение всей жизни не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующих поколениях, в том числе в отдаленные сроки жизни, а также не ухудшать гигиенические условия водопользования.

Вторая особенность нормирования качества воды по химическому составу заключается в том, что гигиенические требования распространяются на объект водопользования не на всем его протяжении, а только у первого пункта водопользования населения.

Третья особенность гигиенического нормирования химического фактора в водной среде связана с тем, что вода используется населением не только для хозяйственно-питьевых, но хозяйственно-бытовых, рекреационных и лечебных целей. В связи с этим при нормировании учитывается не только непосредственное влияние на организм (санитарно-токсикологический лимитирующий показатель вредности), но и влияние загрязнителя на органолептические свойства воды (органолептический лимитирующий показатель вредности) и на процессы самоочищения воды водоемов (общесанитарный лимитирующий показатель вредности).

В качестве четвертой особенности гигиенического регламентирования следует отметить единые уровни ПДК и ОДУ вредных веществ в воде всех

водных объектов, используемых населением. Обусловлено это тем, что очистные сооружения водопроводных станций не обладают барьерной функцией в отношении большинства химических соединений.

Отличительной чертой гигиенического нормирования химических веществ в гидросферных объектах является обязательное исследование их стабильности в водной среде и способности к биотрансформации. При этом производится оценка неблагоприятного влияния на организм теплокровных, на органолептические свойства воды, санитарный режим водоемов не только исходных загрязнителей, но и продуктов их деструкции и биотрансформации.

Оптимальный объем экспериментов определяется в зависимости от токсичности и опасности конкретного вещества. Методической основой определения оптимального объема исследований служит схема последовательного (этапного) нормирования. Она позволяет последовательно использовать комплекс расчетных и экспресс-экспериментальных (ускоренных) и углубленных экспериментальных приемов и определить, исходя из опасности вещества, стадию, на которой научное обоснование ПДК вещества в воде может быть завершено. Составной частью схемы является классификация опасности веществ, загрязняющих воду. Химические загрязнения воды водных объектов подразделяются на четыре класса опасности:

1-й класс – чрезвычайно опасные;

2-й класс – высокоопасные;

3-й класс – умеренно опасные;

4-й класс – малоопасные вещества.

Критерии отнесения веществ к определенным классам опасности при этапном обосновании ПДК (ОДУ) в воде представлены в табл. 1.3.

Для обоснования величины ПДК (ОДУ) исследуемого вещества в гидросферных объектах сопоставляются пороговые величины по органолептическому и общесанитарному показателям вредности и максимальная недействующая концентрация (МНК) по токсикологическому показателю вредности.

1.3. Классификация опасности веществ при этапном обосновании гигиенических нормативов веществ в воде водных объектов

Последовательность оценки опасности	Критерии	Класс опасности			
		1-й (чрезвычайно опасные)	2-й (высокоопасные)	3-й (умеренно опасные)	4-й (малоопасные)
1	ПК _{хр} /ПК _{орг} (ПК _{сан})	–	<10	10-100	>100
2	ПК _{хр} , мг/л	<0,01	0,01...1,0	>1,0-100	>100
3	DL ₅₀ /ПД _{хр}	>105	105...104	<104-103	<103
4	ПД _{общ} /ПД _{отд}	>10	4...10	>1...3	0,1...1,0
5	Стабильность	>30 сут	1...30 сут	1...24 ч	<60 мин

МНК рассчитывается из величины МНД (максимально недействующей дозы) с учетом средней массы тела человека и суточного водопотребления, включающего питьевую и используемую для приготовления пищи (чая, кофе) воду, по Формуле

$$\text{МНК (мг/л)} = \frac{\text{МНД (мг/кг)} \times \text{М (кг)}}{\text{V (л)}} = \text{МНД} \times \text{K},$$

где М – средняя масса взрослого человека; V – объем суточного водопотребления; K – обобщенный коэффициент пересчета МНК по МНД.

Средняя масса тела взрослого человека – 60 кг; суточное водопотребление – 3 л. С учетом этих количественных соотношений МНК рассчитывается по формуле

$$\text{МНК} = \text{МНД} \cdot 20.$$

Величина МНК сопоставляется с пороговыми концентрациями по органолептическому и общесанитарному показателям вредности, и наименьшая принимается в качестве ПДК (ОДУ) с указанием соответствующего показателя вредности.

1.4.3. Особенности гигиенического нормирования

химических веществ в почве

Почва представляет собой очень сложную, преимущественно статическую, многофакторную систему, меняющуюся на небольших климато-ландшафтных территориях, что представляет значительные трудности при гигиеническом нормировании химических веществ, поступающих в почву в результате хозяйственной деятельности человека. Основные положения теории и практики гигиенического нормирования в почве заключаются в следующем:

1. Не всякое поступление экзогенных химических веществ в почву следует рассматривать как опасное для здоровья человека и окружающей среды.

2. Безопасность поступления веществ в почву определяется недоступностью превышения их действия выше адаптационной возможности самых чувствительных групп населения или порога экологической адаптационной (саморегенирирующей) способности почвы при изолированном, комплексном, комбинированном или сочетанном действии на организм человека и окружающую среду.

3. Установление гигиенического норматива должно опираться на экспериментальные данные, полученные в экстремальных почвенно-климатических условиях (максимальная миграция изучаемого вещества в контактирующие с почвой среды), учет воздействия на процессы самоочищения и процессы микробиоценоза. Для установления величины норматива используются растения, которые могут максимально накапливать изучаемые вещества (фитотест).

4. Гигиенические нормативы устанавливаются с учетом лимитирующего показателя вредности: общесанитарного, миграционного водного, миграционного воздушного, фитоаккумуляционного (транслокационного).

5. Учитывая чрезвычайно большую вариабельность климатогеографических условий формирования почв, экспериментальная величина ПДК должна рассматриваться как эталонная отсчетная величина, опираясь на которую следует определять опасность загрязнения почвы в конкретных почвенно-климатических условиях.

ПДК экзогенного химического вещества в почве – максимальное его количество (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

При оценке безопасности поступления химических веществ в почву исходят из недопустимости превышения порога адаптационной возможности организма самых чувствительных групп населения и порога экологической адаптационной (самоочищающей) способности почвы при изолированном, комплексном или сочетанном действии химических соединений на организм человека и окружающую среду.

Под порогом безопасного действия химических веществ, поступающих в организм людей из почвы, подразумевается такое их действие (одномоментное, суточное, годовое, в течение всей жизни), которое не вызывает функциональных, биохимических, структурных изменений в организме выше границ, при повышении которых могут наступить сдвиги в организме, опасные для здоровья человека или его потомства.

Под порогом вредного биологического действия нормируемого вещества подразумевается такое его действие, при котором количественные физиологические, биохимические или структурные изменения переходят в качественные, имеющие характер предпатологии.

Под порогом экологической адаптационной возможности (самоочищающей способности) почвы следует подразумевать такое действие нормируемого вещества на почву, при котором количественные изменения самоочищающей способности переходят в качественные, выражающиеся в нарушении времени и скорости процессов самоочищения, характерных для данного вида почвы в определенном климато-ландшафтном регионе.

Таким образом, в почве допускается такое содержание экзогенного химического вещества, которое гарантирует отсутствие отрицательного воздействия на здоровье населения как при прямом контакте человека с почвой, так и опо-

средованно при миграции токсического вещества по одной или нескольким экологическим цепям (почва–растение–человек; почва–растение–животное–человек; почва–атмосферный воздух–человек; почва–вода–человек и др.) или суммарно по всем цепям, а также не нарушает процессов самоочищения почвы и не влияет на санитарные условия жизни.

Принципиальная схема гигиенического нормирования экзогенных химических веществ в почве предусматривает экспериментальное обоснование подпороговых концентраций по четырем показателям вредности: общесанитарному, фитоаккумуляционному (транслокационному), миграционному водному, миграционному воздушному с целью установления лимитирующего показателя вредности и ПДК вещества в почве.

Общесанитарный показатель вредности характеризует процессы изменения биологической активности почвы и показателей самоочищения почвы от загрязнения органическими веществами.

Фитоаккумуляционный (транслокационный) показатель вредности характеризует процессы миграции химического вещества из почвы в культурные растения, используемые в качестве продукта питания или фуража, и накопление его в фитомассе.

Миграционный водный показатель вредности характеризует процессы миграции химического вещества в поверхностные и подземные (грунтовые) воды.

Миграционный воздушный показатель вредности характеризует процессы поступления вещества из почвы в атмосферный воздух с почвенной пылью и путем испарения и соиспарения с водными парами и другими носителями.

Для оценки степени загрязнения почвы в конкретной ситуации рассчитываются показатели, отражающие конкретные региональные почвенно-климатические особенности. Такими показателями, которые рассчитываются на основании утвержденных ПДК химических веществ в почве, являются предельно допустимые уровни внесения (ПДУВ) экзогенных химических веществ в почву и их безопасные остаточные количества (БОК).

ПДУВ – безопасное для здоровья людей количество пестицида или агрохимиката (в килограммах на 1 га), вносимое в почву при ее химической обработке; БОК – безопасное для здоровья людей количество пестицида или агрохимиката (в миллиграммах на 1 кг почвы), оставшееся в почве ко времени выхода рабочих на сельскохозяйственные поля после их химической обработки и в конце вегетационного периода растений.

Как видно из изложенного, методология гигиенического нормирования химических веществ в почве имеет принципиальные отличия от нормирования в воде и атмосферном воздухе. Как в том, так и в другом случае конечный результат исследования – ПДК – обосновывается экспериментальным путем. Однако при нормировании в воде и атмосферном воздухе проводятся токсикологические и санитарно-токсикологические эксперименты на теплокровных животных, а результаты эксперимента экстраполируются на человека и выражаются в виде гигиенического норматива. При гигиеническом нормировании химического фактора в почве, опосредованно влияющей на человека, в эксперименте моделируются условия межсредовой миграции исследуемого вещества в культурные растения, в воду или в атмосферный воздух, а суждение о величине норматива ($\text{ПДК}_{\text{почвы}}$) основывается на неперевышении нормативов этого вещества в воде, воздухе или продуктах растениеводства. Таким образом, гигиеническая цель исследования достигается экспериментально, но с помощью химических, физико-химических и агротехнических, а не санитарно-токсикологических методов, а гигиенический норматив (ПДК или ПДУВ) выражает не влияние содержащегося в почве вещества на здоровье человека, а условия безопасности для здоровья межсредовых переходов нормируемого вещества.

Анализ современных подходов к безопасному управлению факторами окружающей среды, воздействующими на организм человека, показал, что система гигиенического нормирования по праву рассматривается как один из важнейших инструментов государственной политики в области охраны здоровья человека. Вместе с тем методология нормирования как совокупность прин-

ципов, критериев и методов гигиенической оценки факторов среды является предметом многочисленных дискуссий.

Отличительная черта отечественных гигиенических нормативов, которая связана с учетом всех прямых и косвенных влияний на состояние здоровья человека и условия его жизни, установлением ПДК по наиболее чувствительному лимитирующему показателю, стала сегодня существенным ограничением для использования нормативов при решении задач гигиенической диагностики. В реальных условиях, когда человек подвергается не изолированному воздействию какого-либо одного вещества, поступающего в организм конкретным путем (через воздух или воду), а сложному многофакторному воздействию: комбинированному (воздействие одинаковых по своей природе факторов, например химических веществ), сочетанному (воздействие разных по своей природе факторов, например вибрации и химических веществ), комплексному (поступление различными путями – через органы дыхания, с пищей и водой, через кожные покровы), перед наукой и практикой стоит задача не только установления гигиенических нормативов, но и решения сложных вопросов гигиенической диагностики, определения риска и возможных ущербов для здоровья человека в связи с конкретными воздействиями факторов окружающей среды. Вместе с тем следует подчеркнуть, что в России система гигиенического нормирования сохраняет за собой роль инструмента оперативного контроля за состоянием окружающей среды, а гигиенические нормативы являются одной из важнейших мер управления риском. Кроме того, огромный массив токсикометрических и в меньшем объеме эпидемиологических данных, накопленных при обосновании гигиенических нормативов, может служить опорой для методологии оценки риска.

1.5. ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ. ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С АНТРОПОГЕННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

По определению ВОЗ *здоровье* – это состояние полного социально-биологического и психического благополучия, когда функции всех органов и систем организма человека уравновешены с природой и социальной средой

и отсутствуют какие-либо заболевания, болезненные состояния и физические дефекты.

Здоровье – гармоничное единение биологических и социальных качеств, обусловленных врожденными и приобретенными биологическими и социальными воздействиями (болезнь – нарушение этого единства, этой гармонии).

Здоровье индивидуума – это состояние, оцениваемое по персональному самочувствию, наличию или отсутствию заболеваний, трудоспособности, физическому состоянию и развитию, личным ощущениям бытия, радости жизни и другим критериям и признакам.

В разном контексте и различных ситуациях каждый человек может оценивать или характеризовать свое здоровье как

- динамический процесс;
- состояние, которое определяется объективно и субъективно;
- цель, к которой надо стремиться;
- умение заботиться о себе;
- состояние целостности личности с оптимальным функционированием организма, ума, речи;
- совокупность функций органов и систем, которые позволяют справляться со стрессами, вызванными болезнью, смертью близких и другими жизненными проблемами путем адаптации;
- процессы роста и становления организма;
- динамическую гармонию личности с окружающей средой, достигнутой путем адаптации.

Проблемы здоровья населения следует отнести к глобальным, связанным с национальной безопасностью государства. Острый демографический кризис в России, сопровождающийся негативными тенденциями в состоянии здоровья населения, определяет особое внимание государства к состоянию здоровья граждан. Интересы национальной безопасности России диктуют необходимость сокращения прямых и косвенных потерь общества за счет

снижения заболеваемости, инвалидности, смертности, прежде всего, в трудоспособном возрасте. Именно поэтому здоровье населения должно быть признано высшим приоритетом государства. Проблема сохранения и улучшения здоровья граждан обуславливает, прежде всего, необходимость теоретического осмысления понятия «здоровье» и актуальность проведения комплексных научных исследований на государственном, межотраслевом уровне с участием специалистов из различных областей знаний: врачей, математиков, социологов, юристов, экономистов, экологов, биологов и др.

Эти исследования необходимы для разработки концепции национальной политики в области охраны и улучшения здоровья граждан. В настоящее время наиболее общепризнаны концепции, в которых здоровье человека рассматривается с точки зрения единства его социальной и биологической природы. Социальные факторы среды обитания для здоровья человека признаются ведущими, определяющими в его развитии. Один из основоположников этого подхода, академик РАМН Ю. П. Лисицын, в своих фундаментальных работах показал, что здоровье индивидуума в 50% случаев обусловлено социальными факторами условий и образа жизни. На ведущее значение социальных факторов в формировании здоровья населения обращает внимание известный социолог профессор Л. М. Осипов, рассматривающий социальную обусловленность общественного здоровья «как комплекс факторов, характеризующих образ и условия жизни субъектов, социальную организацию на уровне общества, локального сообщества и социальной микросреды, влияющий на состояние и динамику общественного здоровья». Присутствие социального аспекта в определении здоровья и неразрывной связи его с биологической составляющей подчеркивали известные ученые-основоположники социальной гигиены З. П. Соловьев, Г. А. Баткис, С. Я., Фрейдлин, О. П. Щепин и др. На этих позициях базируется определение здоровья, данное в уставе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ):

«Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов».

Определение социальной сущности здоровья – ключ к пониманию такой категории, как «болезнь». Общепринято определение болезни как нарушения, поломки, дефекта физических или психических функций организма. Нередки определения болезни как нарушения связей, взаимодействия организма с внешней средой, нарушения адаптации к среде обитания. Пожалуй, рассмотрение болезни как нарушения функций организма или его органов, систем – наиболее распространенное определение. Известный мыслитель и общественный деятель К. Маркс определил болезнь как «стесненную в своей свободе жизнь».

Аналогичной позиции придерживается академик РАМН Ю. П. Лисицын, который считает, что «болезнь – это стеснение свободы человеческой жизни во всех ее проявлениях: общественных отношениях, социальных контактах, психологической дезадаптации и дезинтеграции личности». В практической деятельности врач обычно оценивает здоровье индивидуума. Однако эти единичные, разрозненные данные не могут быть основой для принятия управленческих решений в области сохранения и улучшения здоровья населения, поэтому необходимо анализировать здоровье определенных, многочисленных групп людей. В этом случае речь идет об изучении общественного здоровья. На семинаре заведующих кафедрами общественного здоровья и здравоохранения (Москва, 2000) было принято следующее определение: «Общественное здоровье – это важнейший экономический и социальный потенциал страны, обусловленный воздействием комплекса факторов окружающей среды и образа жизни населения, позволяющий обеспечить оптимальный уровень качества и безопасность жизни людей». Общественное здоровье как самостоятельная медицинская дисциплина изучает воздействие социальных условий и факторов внешней среды на здоровье населения с целью разработки комплекса лечебно-профилактических мероприятий. Правильно собранные и хорошо проанализированные статистические данные об общественном

здоровье служат основой для планирования мероприятий по сохранению и укреплению здоровья населения на государственном и муниципальном уровнях, разработки современных форм и методов работы организаций здравоохранения, контроля эффективности их деятельности. Статистические данные об общественном здоровье принято изучать на трех уровнях:

- первый уровень (групповой) – здоровье малых социальных или этнических групп;
- второй уровень (региональный) – здоровье населения отдельных административных территорий;
- третий уровень (популяционный) – здоровье популяции в целом.

Исследованием общественного здоровья занимается медицинская статистика – один из разделов биостатистики, изучающий основные закономерности и тенденции здоровья населения, здравоохранения с использованием методов математической статистики. Для оценки общественного здоровья принято использовать следующие группы показателей (индикаторов):

- показатели медико-демографических процессов;
- показатели заболеваемости населения;
- показатели инвалидности населения;
- показатели физического здоровья населения;
- показатели социальной обусловленности общественного здоровья;
- интегральные показатели здоровья населения.

Анализ этих показателей в динамике, сопоставление их с аналогичными показателями других стран служат основой для выработки управленческих решений по оптимизации деятельности системы здравоохранения, сохранению и улучшению здоровья граждан Российской Федерации.

С древних времен здоровье имеет главную жизненную ценность человека, являясь основой гармоничного развития личности и величайшим благом. В современном обществе «максимально достижимый уровень здоровья» признается одним из неотъемлемых прав человека и народа, выступает как важнейшее условие и средство, как одна из конечных целей общественного разви-

тия. Наоборот, низкий уровень здоровья населения ассоциируется с прямой угрозой национальной безопасности любого государства, с препятствием его социально-экономическому прогрессу

Здоровье населения – комплексный социально-гигиенический и экономический показатель, который интегрирует биологические, демографические и социальные процессы, свойственные человеческому обществу, отражает уровень его экономического и культурного развития, состояние медицинской помощи, находясь в то же время под воздействием традиций, исторических, этнографических и природно-климатических условий. Можно сказать, что это интегральный показатель качества жизни в объективных ее проявлениях.

1.6. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ, ФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ КАТЕГОРИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Вопрос о сущности и значимости здоровья всегда был центральной методологической проблемой многих наук. Без осмысления понятия «здоровье» невозможно сущностное понимание ценностных ориентаций как медицины, которая призвана служить людям, обеспечивая возможности самой жизни в наиболее приемлемых для человека формах, так и самих людей. А также места и роли государства и общества в создании условий, благоприятных для жизни и здоровья людей.

Уровень загрязнения воздуха в России в первом квартале 2020 г. вырос на 57% по сравнению с 2019 г. Такой квартальный результат является рекордным за последние пять лет. Эксперты объясняют это увеличением числа замеров.

За первый квартал 2020 г. в России было зафиксировано 44 случая высокого загрязнения воздуха, что на 57% превышает количество существенных выбросов за аналогичный период 2019 г. (28 случаев). Об этом говорится в исследовании аналитической службы аудиторско-консалтинговой компании

FinExpertiza на основе данных Росгидромета (РБК ознакомился с исследованием). Такой результат за квартал – рекорд за последние пять лет наблюдений (их исследователи проводят с первого квартала 2015 г.), что считается высоким уровнем загрязнения.

Под высоким загрязнением воздуха понимается содержание одного или нескольких вредных веществ на уровне в десять и более раз выше, чем определено санитарными нормативами о предельно допустимой концентрации (ПДК). Например, ПДК нефтяного бензина в разовом выбросе не может быть больше 5 мг/куб. м, в суточном – 1,5 мг/куб. м, для свинца и его неорганических соединений ПДК в атмосферном воздухе – 0,0003 мг/куб. м. Такие загрязнения могут сопровождаться неприятными запахами, иногда фиксируются окрашенные осадки.

Рекордным по количеству случаев загрязнения воздуха в годовом измерении стал 2018 г. – тогда было зафиксировано 90 случаев (86 высокого загрязнения и четыре – экстремально высокого). Таким образом, только за первый квартал 2020 г. выполнена половина «нормы» пикового 2018 г. и три четверти показателей 2019 г. Но экстремально высоких выбросов в январе-марте 2020 г. не было, уточняется в исследовании.

По данным FinExpertiza, основные источники загрязнения – предприятия металлургической, горнодобывающей, нефтяной и целлюлозно-бумажной промышленности, а также в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Наиболее пострадавшие регионы – Бурятия (21 случай), Забайкалье (восемь) и Красноярский край (семь). Названия конкретных предприятий представитель аудиторско-консалтинговой компании не раскрыл.

Основные загрязнители воздуха – бензпирен, сероводород, ионы мышьяка, никеля, меди, марганца, цинка, железа, алюминия, хрома, аммонийный и нитритный азот, фтор, нефтепродукты – указано в исследовании FinExpertiza.

Роспотребнадзор в мониторингах за 2020 г. также не указывает конкретных загрязнителей воздуха. Однако в 2019 г. ведомство назвало крупными

загрязнителями в Улан-Удэ и Селенгинске (Бурятия) Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат и Гусиноозерскую ГРЭС. В Красноярском крае основными загрязнителями считаются угольные котельные, а также автотранспорт.

Шесть случаев загрязнения окружающей среды, которые произошли в первом квартале 2020 г., относились к аварийным. Один из них, приведший к загрязнению атмосферного воздуха, по данным Росгидромета, произошел 9 января при аварии на нефтеперерабатывающем заводе «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» в Ухте (Республика Коми).

Количество выявленных фактов загрязнений воздуха напрямую зависит от числа замеров: чем больше их делать, тем больше будет выявлено подобных случаев, пояснил РБК гендиректор НИИ «Атмосфера» Олег Марцинковский. «Контроль за состоянием атмосферного воздуха и его загрязнением с каждым годом усиливается» – отметил он.

Данные Росгидромета пока не слишком репрезентативны из-за недостатка пунктов мониторинга качества воздуха вблизи промышленных предприятий и в жилом секторе – замечает глава комитета Госдумы по экологии и охране окружающей среды Владимир Бурматов. Он сообщил, что на увеличение их количества не хватает средств даже в рамках федерального проекта «Чистый воздух» из-за предстоящего сокращения финансирования проекта со стороны Минфина и отсутствия бюджетных трансфертов. На реализацию этого проекта в 2019 – 2024 гг. было выделено более 500 млрд р., но Минфин хочет изъять из этой суммы не менее 15 млрд р.

Вклад загрязнения окружающей среды и его отдельных видов в рост заболеваемости и смертности населения пока еще служит предметом дискуссий среди профессионалов, ввиду сложности взаимодействия многочисленных факторов влияния и трудностей выявления факторов заболеваний. Вклад антропогенных факторов в формирование отклонений здоровья находится в пределах от 10 до 57%.

В Российской Федерации сложилась сложная и неблагоприятная, а в некоторых районах даже острая, экологическая обстановка. В неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановке проживают 109 млн человек, или 73% всего населения.

В таблице 1.4 представлен общий список заболеваний человека, которые могут быть связаны с загрязнением окружающей среды.

Воздействие загрязнений на организм весьма многообразно и зависит от их вида, концентрации, длительности и периодичности воздействия. В свою очередь, реакция организма определяется индивидуальными особенностями, возрастом, полом, состоянием здоровья человека. В целом более уязвимы дети, больные, лица, работающие во вредных производственных условиях, курильщики.

1.4. Список заболеваний, связанных с загрязнением окружающей среды

Патология	Вещества, приводящие к развитию патологии
Болезни сердечнососудистой системы	Оксиды серы, монооксид углерода, оксиды азота, сернистые соединения, сероводород, этилен, пропилен, бутилен, жирные кислоты, ртуть, свинец
Болезни нервной системы и органов чувств; психические расстройства	Хром, сероводород, диоксид кремния, ртуть, свинец
Болезни органов дыхания	Пыль, оксиды серы и азота, оксид углерода, сернистый ангидрид, фенол, аммиак, углеводород, диоксид кремния, хлор, ртуть
Болезни желудочно-кишечного тракта	Сероуглерод, сероводород, пыль, оксиды азота, хром, фенол, диоксид кремния, фтор
Болезни крови и органов, осуществляющих гомопозэ	Оксиды серы, углерода, азота, углеводороды, азотистоводородная кислота, этилен, пропилен, сероводород
Болезни кожи и подкожной клетчатки	Фторосодержащие вещества
Болезни мочеполовых органов	Сероуглерод, диоксид углерода, углеводороды, сероводород, этилен, оксид серы, бутилен, оксид углерода

В соответствии с оценками экспертов ВОЗ различают пять категорий реакций состояния здоровья населения на загрязнение окружающей среды:

- 1) повышение смертности;
- 2) повышение заболеваемости;
- 3) наличие функциональных изменений, превышающих норму;
- 4) наличие функциональных изменений, не превышающих норму;
- 5) относительно безопасное состояние.

Упомянутые категории можно рассматривать как относительные показатели, совокупно характеризующие состояние здоровья человека и качество окружающей среды. Показателем здоровья в первую очередь является количество здоровья, т.е. средняя ожидаемая продолжительность жизни. Если иметь в виду этот показатель, то к числу наиболее важных факторов экологического риска относят загрязнение атмосферы и загрязнение питьевой воды.

2. ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

2.1. СИСТЕМЫ ВОСПРИЯТИЯ И КОМПЕНСАЦИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ. АНАЛИЗАТОРЫ

Для поддержания системы «Человек–Среда обитания» в безопасном состоянии необходимо согласовывать действия человека с элементами окружающей среды. Человек осуществляет непосредственную связь с окружающей средой при помощи органов чувств.

Органы чувств – это сложные сенсорные системы (анализаторы), включающие воспринимающие элементы (рецепторы), проводящие нервные пути и соответствующие отделы в головном мозге, где сигнал преобразуется в *ощущение*.

Анализаторы являются специальными структурами организма, служащими для ввода внешней информации в мозг для последующей ее переработки.

В процессе трудовой деятельности организм человека приспосабливается к изменениям окружающей среды благодаря регулирующей функции центральной нервной системы (ЦНС). Человек связан со средой с помощью **анализаторов**, которые состоят из рецепторов, проводящих нервных путей и мозгового конца в коре головного мозга. Мозговой конец состоит из ядра и рассеянных по коре головного мозга элементов, обеспечивающих нервные связи между отдельными анализаторами. Например, когда человек ест, то он чувствует вкус, запах пищи и ощущает ее температуру.

Основная характеристика анализаторов – **чувствительность**.

Нижний абсолютный порог чувствительности – минимальная величина раздражителя, на который начинает реагировать анализатор.

Если раздражитель вызывает боль или нарушение деятельности анализатора – это будет **верхний абсолютный порог чувствительности**. Интервал от минимума до максимума определяет диапазон чувствительности (для звука от 20 до 20 кГц).

У человека рецепторы настроены на следующие раздражители:

- электромагнитные колебания светового диапазона – фоторецепторы в сетчатке глаза;
- механические колебания воздуха – фонорецепторы уха;
- изменение гидростатического и осмотического давления крови – баро- и осморепторы;
- изменение положения тела относительно вектора гравитации – рецепторы вестибулярного аппарата.

Кроме того, есть хеморецепторы (реагируют на воздействие химических веществ), терморецепторы (воспринимают температурные изменения как внутри организма, так и в окружающей среде), тактильные рецепторы и болевые.

В ответ на изменение условий окружающей среды, чтобы внешние раздражители не вызывали повреждений и гибели организма, в нем формируются компенсаторные реакции, которые могут быть: поведенческими (изменение места пребывания, отдергивание руки от горячего или холодного) или внутренними (изменение механизма терморегуляции в ответ на изменение параметров микроклимата).

Человек обладает рядом важных специализированных периферических образований – органов чувств, обеспечивающих восприятие воздействующих на организм внешних раздражителей. К ним относятся органы зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания.

Нельзя путать понятия «органы чувств» и «рецептор». Например, глаз – это орган зрения, а сетчатка – фоторецептор, один из компонентов органа зрения. Органы чувств сами по себе не могут обеспечить ощущение. Для возникновения субъективного ощущения необходимо, чтобы возбуждение, возникшее в рецепторах, поступило в соответствующий отдел коры больших полушарий.

Зрительный анализатор включает в себя глаз, зрительный нерв, зрительный центр в затылочной части коры головного мозга. Примерно от 70 до 90% информации о внешнем мире человек получает через зрение. Орган зрения – глаз – обладает высокой чувствительностью и сложным строением (рис. 2.1). Изменение размера зрачка от 1,5 до 8 мм позволяет глазу менять чувствительность в сотни тысяч раз.

Глаз чувствителен к видимому диапазону спектра электромагнитных волн от 0,38 до 0,77 мкм. В этих границах различные диапазоны волн вызывают различные ощущения (цвета) при воздействии на сетчатку:

- 0,38...0,455 мкм – фиолетовый цвет;
- 0,455...0,47 мкм – синий цвет;
- 0,47...0,5 мкм – голубой цвет;
- 0,5...0,55 мкм – зеленый цвет;
- 0,55...0,59 мкм – желтый цвет;
- 0,59...0,61 мкм – оранжевый цвет;
- 0,61...0,77 мкм – красный цвет.

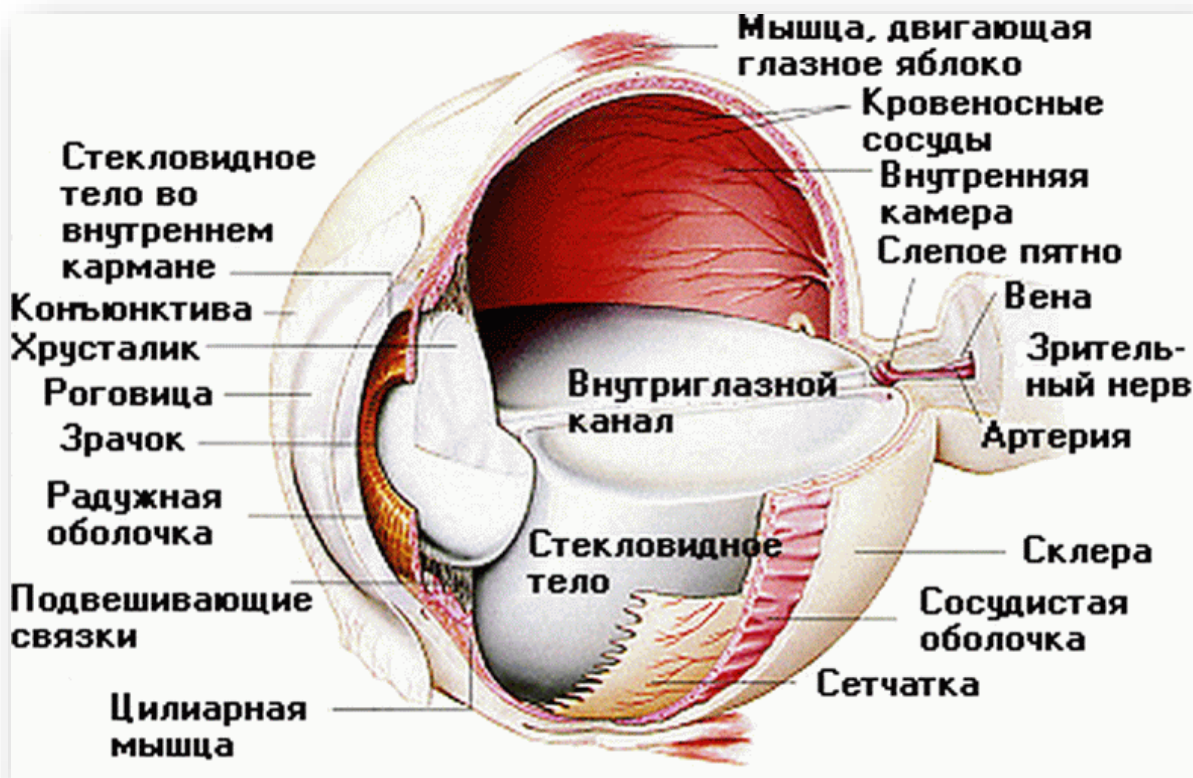


Рис. 2.1. Строение зрительного анализатора

Приспособление глаза к различию данного объекта в данных условиях осуществляется путем трех процессов без участия воли человека.

Аккомодация – изменение кривизны хрусталика так, чтобы изображение предмета оказалось в плоскости сетчатки (наведение на фокус).

Конвергенция – поворот осей зрения обоих глаз так, чтобы они пересеклись на объекте различия.

Адаптация – приспособление глаза к данному уровню яркости. В период адаптации глаз работает с пониженной работоспособностью, поэтому необходимо избегать частой и глубокой переадаптации.

При обеспечении безопасности необходимо учитывать время, требуемое для адаптации глаза. Приспособление зрительного анализатора к большей освещенности называется *световой адаптацией*. Она требует от 1–2 до 8 – 10 минут. Приспособление глаза к плохой освещенности (расширение зрачка и повышение чувствительности) называется *темновой адаптацией* и требует от 40 до 80 минут.

В период адаптации глаз деятельность человека связана с определенной опасностью. Чтобы исключить необходимость адаптации или уменьшить ее влияние, в производственных условиях не разрешается использовать только одно местное освещение. Необходимо применять меры для защиты человека от слепящего действия источников света и различных блестящих поверхностей, устраивать тамбуры при переходе из темного помещения (например, в фотолабораториях) в нормально освещенное и др.

Зрение характеризуется остротой, т.е. минимальным углом, под которым две точки еще видны как отдельные). Острота зрения зависит от освещенности, контрастности и других факторов. В основе расчета графической точности лежит физиологическая острота зрения.

Бинокулярное поле зрения охватывает в горизонтальном направлении 120...160°, по вертикали: вверх – 55...60°, вниз – 65...72°. Зона оптимальной видимости (учитывается при организации рабочего места) ограничена полем:

вверх – 25°, вниз – 35°, вправо и влево – по 32°. Ошибка оценки расстояния до 30 метров в среднем составляет 12%.

Ощущение, вызванное световым сигналом, сохраняется в глазу за счет инерции зрения до 0,3 секунды. Инерция зрения порождает *стробоскопический эффект* – ощущение непрерывности движения при частоте смены изображения примерно 10 раз в секунду (кинематография), зрительное восприятие вращения колес автомобиля в обратном направлении и другие оптические иллюзии.

Стробоскопический эффект может быть опасным. Например, вследствие своей безинерционности, опасную ситуацию могут создать газоразрядные лампы освещения. Колебания электрического напряжения создают колебания светового потока. Кажущаяся остановка вращающегося предмета наблюдается при равенстве частот вращения объекта и колебаний света. Когда частота вспышек света больше числа оборотов вращающегося предмета, создается иллюзия вращения в противоположную от реальности сторону.

Светочувствительные клетки (анализаторы) глаза по форме напоминают маленькие палочки и колбочки. В сетчатке человека имеется около 130 миллионов палочек и 6–7 миллионов колбочек. Благодаря палочкам человек видит ночью, но зрение бесцветное (ахроматическое), почему и возникло выражение: «Ночью все кошки серые». И наоборот – днем главная роль принадлежит колбочкам, соответственно, днем зрение цветное (хроматическое).

С позиции безопасности должны учитываться все отклонения от нормы в восприятии цвета. К этим отклонениям относятся: цветовая слепота, дальтонизм и гемералопия («куриная слепота»). Человек, страдающий *цветовой слепотой*, воспринимает все цвета как серые. *Дальтонизм* – частный случай цветовой слепоты. *Дальтоники* обычно не различают красный и зеленый цвета, а иногда желтый и фиолетовый. Им эти цвета кажутся серыми.

Статистически примерно 5% мужчин и 0,5% женщин являются дальтониками. Люди, страдающие дальтонизмом, не могут работать там, где в целях безопасности используются сигнальные цвета (например, водителями). Челю-

век, страдающий *гемералопией*, теряет способность видеть при ослабленном (сумеречном, ночном) освещении.

Цвета оказывают на человека различное психофизиологическое воздействие, что необходимо учитывать при обеспечении безопасности и в технической эстетике.

Слух – способность организма принимать и различать звуковые колебания слуховым анализатором в диапазоне от 16 до 20 000 Гц.

Воспринимающая часть слухового анализатора – ухо, которое делится на три отдела: наружное, среднее и внутреннее (рис. 2.2).

Звуковые волны, проникая в наружный слуховой проход, приводят в колебания барабанную перепонку и через цепь слуховых косточек передаются в полость улитки внутреннего уха. Колебания жидкости в канале приводят в движение волокна основной перепонки в резонанс звукам, поступающим в ухо.

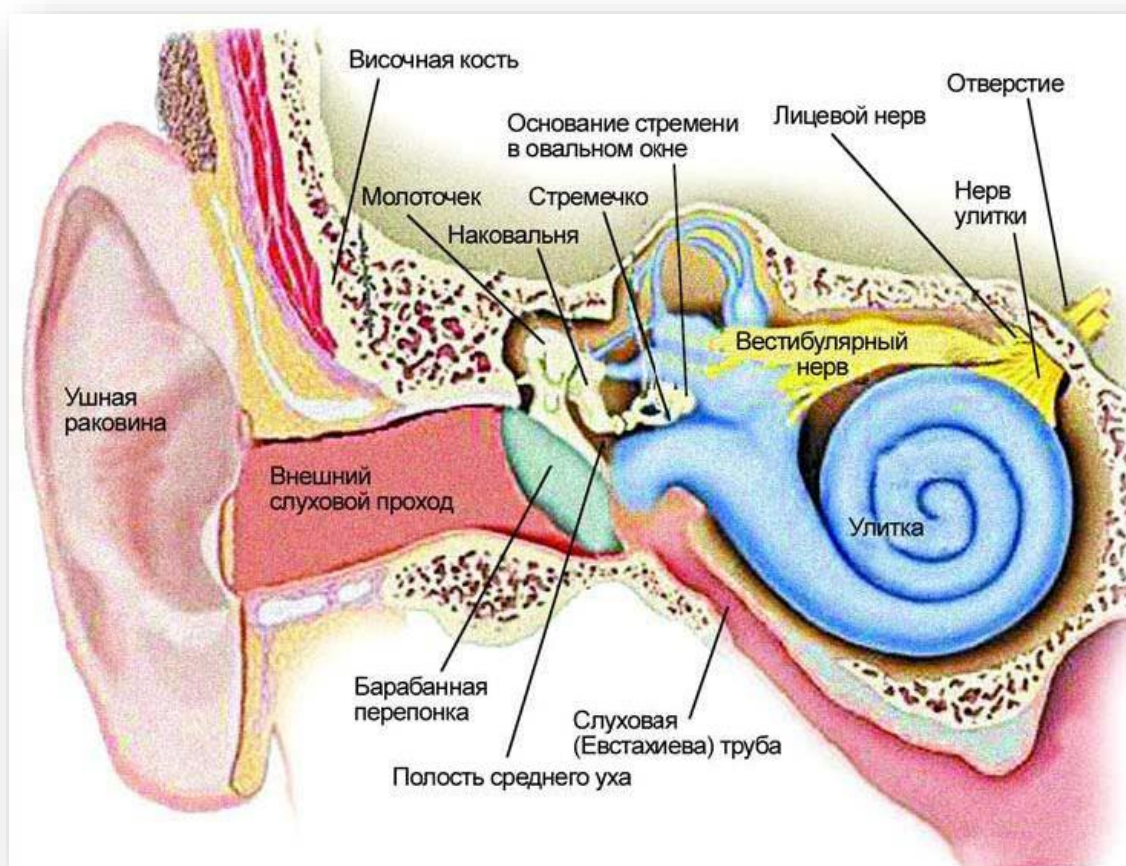


Рис. 2.2. Строение слухового анализатора

Колебания волокон улитки приводят в движение расположенные в них клетки кортиева органа, возникает нервный импульс, который передается в соответствующие отделы коры головного мозга. Порог болевых ощущений 130...140 дБ.

Ухо по своему строению делится на три части: наружное, среднее и внутреннее, и выполняет две функции: *восприятие звуков* и *сохранение равновесия тела*.

Ушная раковина способствует улавливанию и определению направления звуков. Барабанная перепонка имеет толщину около 0,1 мм. Под влиянием звукового давления перепонка колеблется. За перепонкой находится среднее ухо и далее внутреннее ухо, заполненное особой жидкостью, с двумя органами – органом слуха и вестибулярным аппаратом.

Орган слуха имеет около 23 тысяч клеток – анализаторов, в которых звуковые волны превращаются в нервные импульсы, идущие в мозг. Человеческое ухо воспринимает звуки частотой от 16...20 герц (Гц) до 20...22 кГц. Интенсивность звуков принято измерять в таких относительных единицах, как белы и децибелы (дБ). Пороги восприятия звука человеком схематично показаны табл. 2.1 и 2..

2.1. Восприятие звука по частоте

Область инфразвука	Воспринимаемый диапазон	Область ультразвука
	Оптимальный диапазон	
16 Гц	(0,7...6,0 кГц)	20 кГц

2.2. Восприятие звука по интенсивности (громкости)

Подпороговые звуки	0 дБ	140 дБ	Травмирующие звуки
	Порог ощущения	Болевой порог	

Важная особенность слуха – *бинауральный эффект* – возможность определения направления звука. Звук доходит до ушной раковины, обращенной к источнику звука, быстрее, чем до другой, более удаленной. У людей, глухих на одно ухо, бинауральный эффект отсутствует. Бинауральный эффект мало помогает при поступлении звука сверху.

Вестибулярный аппарат – орган, обеспечивающий сохранение равновесия. Для ряда профессий состояние вестибулярного аппарата имеет особенно важное значение (моряки, летчики, некоторые виды геодезических работ и т.д.).

Вредное влияние вибраций на человека заключается в их локальном раздражающем и повреждающем воздействии на ткани и содержащиеся в них рецепторы. Поскольку эти рецепторы связаны с центральной нервной системой, их рефлекторное действие оказывает влияние на различные системы организма.

При низких частотах механических колебаний (до 10 Гц) вибрации охватывают весь организм независимо от расположения их источника. Систематическое воздействие низкочастотных вибраций обычно поражает мышцы человека.

При воздействии высокочастотных вибраций зона их распространения ограничивается местом контакта, что вызывает изменения в стенках кровеносных сосудов и приводит к нарушению сосудистой системы.

Воздействие общей вибрации с частотой от 4...5 до 8...12 Гц связано с явлением резонанса (увеличением амплитуды колебаний отдельных органов тела человека), поэтому воздействие этих частот имеет наиболее негативные последствия.

Вибрации воздействуют на сенсорную систему. Общие вибрации ухудшают остроту и сужают поле зрения, снижают светочувствительность глаз и нарушают вестибулярную функцию. Воздействие локальных вибраций снижает вибрационную, тактильную, температурную, болевую и проприоцептивную чувствительность.

Интенсивная вибрация при продолжительном воздействии приводит к серьезным изменениям деятельности всех систем организма и, при определенных условиях, может вызвать тяжелое заболевание – **виброболезнь**.

Вибрация ощущается в диапазоне частот от 1 до 10 000 Гц. Наиболее высокая чувствительность к частотам от 200 до 250 Гц. При увеличении или уменьшении частоты вибрации чувствительность снижается. Пороги вибрационной чувствительности неодинаковы для различных участков тела.

Обоняние – способность воспринимать запахи. Рецепторы расположены в слизистой оболочке верхнего и среднего носовых ходов (рис. 2.3).

Человек обладает разной степенью обоняния к различным пахучим веществам. Приятные запахи улучшают самочувствие человека, а неприятные – действуют угнетающе, вызывают отрицательные реакции вплоть до тошноты, рвоты, обморока (сероводород, бензин), способны изменять температуру кожи, вызывать отвращение к пище, приводить к подавленности и раздражительности. Если на анализаторы попадает вещество, опасное для жизни или угрожающее здоровью человека (эфир, нашатырный спирт, хлороформ и т.д.), рефлекторно замедляется или кратковременно задерживается дыхание. Запах может служить сигналом, предупреждающим об опасности. Всем известно, как опасны газы.

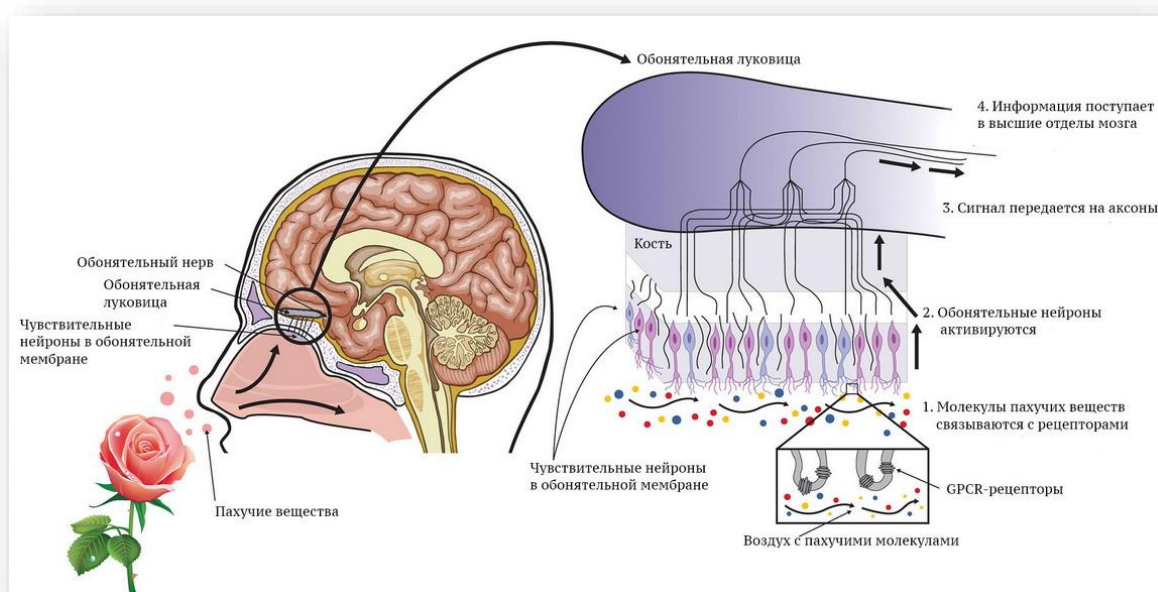


Рис. 2.3. Строение обонятельного анализатора

Для распознавания опасных газов, не имеющих запаха, к ним добавляют специальные сильно пахнущие вещества – одоранты. Широко распространенных приборов для измерения силы запаха пока нет. Однако наш нос мгновенно чувствует даже самые малые доли пахучих веществ.

У человека около 60 миллионов обонятельных клеток. Они располагаются в слизистой оболочке носовых раковин на площади примерно в 5 см². Клетки покрыты огромным количеством волосков длиной 30...40 ангстрем (3...4 нанометра). Площадь их соприкосновения с пахучими веществами – 5...7 м². От обонятельных клеток отходят нервные волокна, посылающие сигналы о запахах в мозг.

Вкус – ощущение, возникающее при воздействии определенных химических веществ, растворимых в воде, на вкусовые рецепторы, расположенные на различных участках языка (рис. 2.4).

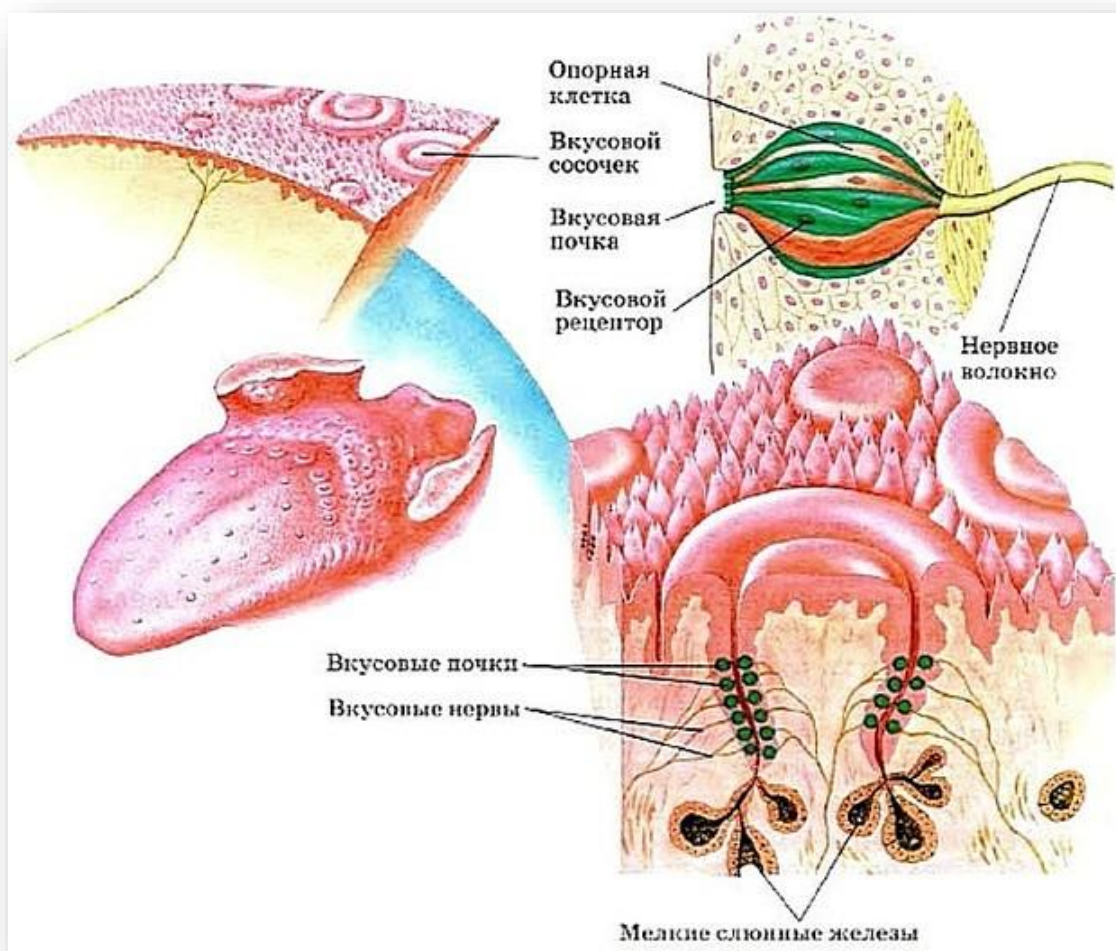


Рис. 2.4. Строение вкусового анализатора

Вкус складывается из четырех простых вкусовых ощущений: кислое, соленое, сладкое и горькое. Все остальные вариации вкуса – это комбинации из основных ощущений. Различные участки языка имеют разную чувствительность к вкусовым веществам: кончик языка чувствителен к сладкому, края языка – к кислому, кончик и край языка – к соленому, корень языка – к горькому. Механизм восприятия вкусовых ощущений связан с химическими реакциями. Предполагают, что каждый рецептор содержит высокочувствительные белковые вещества, распадающиеся при воздействии определенных вкусовых веществ.

Осязание – сложное ощущение, возникающее при раздражении рецепторов кожи, наружных частей слизистых оболочек и мышечно-суставного аппарата.

Кожный анализатор воспринимает внешние механические, температурные, химические и другие раздражители кожи.

Функциональное нарушение 30...50% кожного покрова, при отсутствии специальной медицинской помощи, приводит к гибели человека.

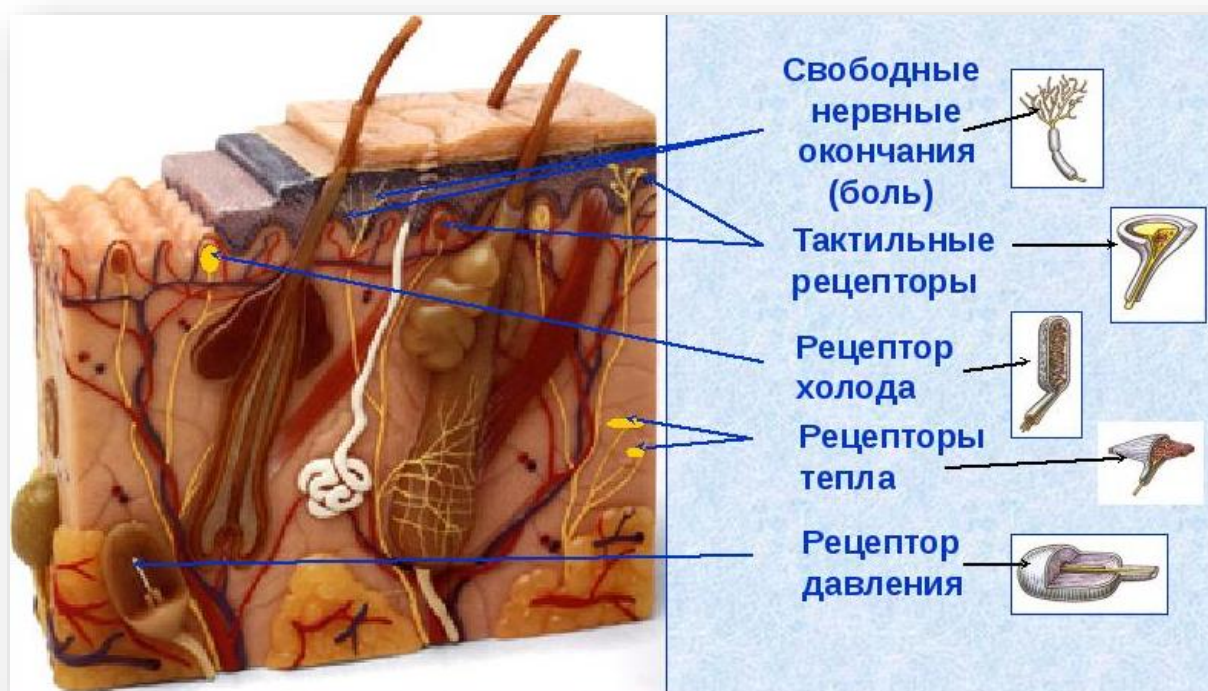


Рис. 2.5. Строение тактильного анализатора

На коже имеется примерно 500 тысяч точек – тактильных анализаторов, воспринимающих ощущения, возникающие при воздействии на кожную поверхность различных механических стимулов (прикосновение, давление).

Кроме этого, на коже имеются неравномерно распределенные анализаторы, воспринимающие боль, тепло и холод (рис. 2.5). Наиболее высокая чувствительность на дистальных частях тела (наиболее удаленных от оси тела).

Тактильный анализатор обладает высокой способностью к пространственной локализации. Характерная его особенность – быстрое развитие адаптации (привыкания), т.е. исчезновение чувства прикосновения или давления. Время адаптации зависит от силы раздражителя, для различных участков тела оно колеблется от 2 до 20 секунд. Благодаря адаптации мы не чувствуем прикосновение одежды к телу.

Одна из основных функций кожи – защитная. Растяжения, ушибы, давления обезвреживаются упругой жировой подстилкой и эластичностью кожи. Роговой слой предохраняет глубокие слои кожи от высыхания и весьма устойчив к различным химическим веществам. Пигмент меланин предохраняет кожу от воздействия ультрафиолетовых лучей. Неповрежденный слой кожи непроницаем для инфекций, а кожное сало и пот создают губительную кислую среду для микробов.

Важная защитная функция кожи – участие в терморегуляции, так как 80% всей теплоотдачи организма осуществляется кожей. Температурная чувствительность свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, достигаемой терморегуляцией. Температура кожи ниже внутренней температуры тела (примерно 36,6°C) и различна для отдельных участков (на лбу 34...35, на лице 20...25, на животе 34, на стопах ног 25...27°C).

В коже человека находятся два вида анализаторов температуры: одни реагируют только на холод, другие – только на тепло. Всего на коже около 30 тысяч тепловых точек и примерно 250 тысяч точек холода.

Порог восприятия тепла и холода различен, например, тепловые точки различают разницу температуры в 0,2, а точки холода в 0,4°C. Время, необхо-

димое для ощущения температуры, примерно 1 секунда. Температурные анализаторы, защищая организм от перегрева и переохлаждения, помогают сохранять постоянную температуру тела.

При высокой температуре окружающей среды кожные сосуды расширяются и теплоотдача конвекцией усиливается. При низкой температуре сосуды суживаются, кожа бледнеет, теплоотдача уменьшается. Отдача тепла через кожу идет также и потоотделением.

Секреторная функция осуществляется через сальные и потовые железы. С кожным салом и потом выделяются йод, бром, токсические вещества.

Обменная функция кожи – участие в регуляции общего обмена веществ в организме (водного, минерального).

Рецепторная функция кожи – восприятие извне и передача сигналов в ЦНС.

Виды кожной чувствительности: тактильная, болевая, температурная.

Боль – сигнал тревоги для организма, призыв к борьбе с опасностью. Боль воспринимают любые анализаторы, если превышен верхний порог чувствительности, но есть и специальные рецепторы в слое кожи – болевые. На одном квадратном сантиметре кожи имеется до 100 болевых точек – оголенных окончаний нервов.

Боль может быть опасной, например, при болевом шоке, который осложняет деятельность организма по самовосстановлению.

Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в частности, рефлекс удаления от раздражителя. Под влиянием боли перестраивается работа всех систем организма.

Пример порога болевой чувствительности:

- 1) кожа живота – 20 г/мм²;
- 2) кончики пальцев – 300 г/мм².

С помощью анализаторов человек получает информацию о внешнем мире, которая определяет работу функциональных систем организма и поведение человека.

В мышцах человека есть специальные рецепторы. Их называют *проприоцепторами* (от латинского proprius – собственный). Они посылают сигналы в мозг, сообщая о том, в каком состоянии находятся мышцы. В ответ мозг направляет импульсы, координирующие работу мышц. Мышечное чувство, учитывая воздействие гравитации, «работает» постоянно. Благодаря ему человек принимает более удобную позу.

В определенной степени от удобного положения тела человека зависит его работоспособность, а в некоторых случаях и безопасность.

Максимальные скорости передачи информации, принимаемой человеком с помощью различных органов чувств, приведены в табл. 2.3.

Реакция организма человека на воздействие внешней среды зависит от уровня воздействующего раздражителя. Если этот уровень мал, то человек просто воспринимает информацию извне. При высоких уровнях появляются нежелательные биологические эффекты, поэтому устанавливают на производстве нормируемые безопасные значения факторов в виде предельно-допустимых концентраций (ПДК) или предельно-допустимых уровней энергетического воздействия (ПДУ).

2.3. Характеристики органов чувств

Воспринимаемый сигнал	Содержание сигнала	Максимальная скорость передачи информации Бит\с
Зрительный	Длина линии. Цвет. Яркость	3,25; 3,1; 3,3
Слуховой	Громкость. Высота тона	2,3; 2,5
Вкусовой	Соленость	1,3
Обонятельный	Интенсивность	1,53
Тактильный (осязательный)	Интенсивность. Продолжительность. Расположение на теле	2,0; 2,3; 2,8

ПДУ – это тот максимальный уровень фактора, который, воздействуя на человека (изолированно или в сочетании с другими факторами) в течение рабочей смены, ежедневно, на протяжении всего трудового стажа, не вызовет у него и его потомства биологических изменений, даже скрытых и временно компенсированных, а также психологических нарушений (снижение интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности, надежности).

2.2. ЕСТЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

В организме человека функционирует ряд систем обеспечения безопасности. К ним относятся некоторые органы чувств: глаза, уши, нос; костно-мышечная система; кожа; система иммунной защиты; боль, а также защитно-приспособительные реакции, такие как воспаление и лихорадка. Защитно-приспособительные реакции направлены на сохранение постоянства внутренней среды организма и адаптацию его к условиям существования, они регулируются рефлекторным и гуморальным (гормоны, ферменты и т.д.) путем. Например, глаза имеют веки – две кожномышечные складки, закрывающие глазное яблоко при смыкании. Веки несут функцию защиты глазного яблока, рефлекторно предохраняя орган зрения от чрезмерного светового потока, механического повреждения, способствует увлажнению его поверхности и удалению со слезой инородных тел. Уши при чрезмерно громких звуках обеспечивают защитную реакцию: две самые маленькие мышцы нашего среднего уха резко сокращаются и три самые маленькие косточки (молоточек, наковальня и стремечко) перестают колебаться совсем, наступает блокировка и система косточек не пропускает во внутреннее ухо чрезмерно сильных звуковых колебаний. Чихание относится к группе защитных реакций и представляет форсированный выдох через нос (при кашле – форсированный выдох через рот). Благодаря высокой скорости воздушная струя уносит из полости носа понав-

шие туда инородные тела и раздражающие агенты. Слезотечение возникает при попадании раздражающих веществ на слизистую оболочку верхних дыхательных путей: носа, носоглотки, трахеи и бронхов. Слеза выделяется не только наружу, но и попадает через слезоносный канал в полость носа, смывая тем самым раздражающее вещество (поэтому «хлюпают» носом при плаче). Боль возникает при нарушении нормального течения физиологических процессов в организме, при раздражении рецепторов, при повреждении органов и тканей вследствие воздействия вредных факторов. Боль является сигналом опасности для организма и одновременно боль – это защитное приспособление, вызывающее специальные защитные рефлексы и реакции. Субъективно человек воспринимает боль как тягостное, гнетущее ощущение. Объективно боль сопровождается некоторыми вегетативными реакциями (расширение зрачков, повышение кровяного давления, бледность кожных покровов лица и др.). При боли увеличивается выделение биологически активных веществ (например, в крови увеличивается концентрация адреналина). Боль заставляет человека принять меры для сохранения здоровья. Для боли нет специфических по виду энергии адекватных раздражителей. Это могут быть и механические, и тепловые, и химические воздействия. Болевая чувствительность присуща практически всем частям нашего тела. Характер болевых ощущений зависит от особенностей конкретного органа и силы разрушительного воздействия. Например, боль при повреждении кожи отличается от головной боли, при травме нервных стволов возникает жгучее болевое ощущение – каузалгия. Болевое ощущение как защитная реакция нередко указывает на локализацию процесса. В зависимости от локализации различают два типа симптоматических болевых ощущений:

- 1) висцеральные боли появляются при заболевании или травме внутренних органов (сердце, желудок, печень, почки и др.), для них характерно сильное болевое ощущение и широкая иррадиация, возможна «отраженная боль», которая ощущается далеко от проекции пораженного органа, иногда в другой части тела;

2) соматические боли возникают при патологических процессах в коже, костях, мышцах, они локализованы и наиболее отчетливо выполняют функцию естественной защиты информационным способом.

Лихорадка – повышение температуры – тоже защитная реакция организма. Некоторые микроорганизмы (кокки, спирохеты) и вирусы гибнут при повышении температуры. Так возбудитель сифилиса – бледная трепонема – погибает при повышении температуры тела до 40 °С. Поэтому в начале века, когда не были известны антибиотики, больных сифилисом намеренно заражали малярией, которая сопровождается резкими подъемами температуры. Высокая температура может снизить резистентность (устойчивость) некоторых бактерий (например, туберкулезной палочки) к лекарствам. При лихорадке стимулируются обменные процессы в клетках. Наблюдается, в частности, повышение барьерной и антитоксической функции печени, усиливается диурез и, следовательно, вывод токсических веществ. Активируется иммунобиологическая защита организма; возрастает активность лейкоцитов, макрофагов, увеличивается выработка антител, интерферона (внутриклеточный фактор противовирусной защиты). Активируются ферменты, способствующие подавлению воспроизводства вирусов. Метод искусственного повышения температуры (пиротерапия) повышает устойчивость организма, применяется для ускорения заживляющих процессов после травм, ожогов, для рассасывания рубцов, спаек, при некоторых нервных заболеваниях и при онкологии. Однако длительное повышение температуры выше 40 °С отрицательно влияет на человека, вызывая дополнительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему, денатурацию некоторых жизненно важных белков.

Еще один пример естественной системы защиты – *движение*. Активное движение нередко приглушает душевную и физическую боль. Этот механизм бдительно стоит на страже нервного благополучия, готовый в случае надобности охранить мозг от слишком большого горя и слишком большой радости.

Воспаление – патологический процесс, эволюционно сформировавшийся как защитно-приспособительная реакция организма на воздействие патогенных

факторов. Организм активно локализует очаг повреждения с помощью так называемого «защитного вала», препятствуя распространению патогенного раздражителя. Чем более местно протекает реакция воспаления, тем благоприятнее исход для организма. Кроме этого, воспаление создает условия для уничтожения тем или иным способом патогенных факторов (фагоцитоз, ферментолит, иммунный цитолиз и др.). В очаге формируются условия для мобилизации разнообразных защитных сил организма.

Фагоцитоз – это эволюционно выработанная защитно-приспособительная реакция организма, заключающаяся в узнавании, активном поглощении и переваривании микроорганизмов, инородных частиц, разрушенных клеток специализированными клетками фагоцитами (полиморфноядерные лейкоциты, моноциты, тканевые макрофаги, а также специальные клетки в печени, почках, ЦНС и др.). Поглощая чужеродные тела и поврежденные клетки, фагоциты гибнут в больших количествах, превращаясь в гной.

Поверхностные покровы человека (кожа и слизистые оболочки) – барьер для проникновения микроорганизмов. На чистой коже через 10 – 12 минут гибнут все микроорганизмы (грязная кожа не обладает такими свойствами). Защитная функция кожи зависит от работы ее потовых и сальных желез. Слущивание эпидермиса предохраняет от заражения. Слизистые оболочки дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта защищены от микроорганизмов секретами желез. Защитой ротовой полости является слюна, содержащая белок лизоцим, обладающий бактерицидным свойством. В желудке антибактериальным и противогрибковым действием обладает соляная кислота. Каждый день с твердыми отходами человек теряет 10 г болезнетворных бактерий, для которых слизистая оболочка кишечника оказалась непроницаемой.

Печень обезвреживает ядовитые вещества, образующиеся в организме и поступающие из желудочно-кишечного тракта в организм человека. В крови, лимфе и тканевой жидкости находятся «гуморальные факторы защиты» – антитела, биологически активные вещества и гормоны. При недостаточности

гормонов щитовидной железы и надпочечников ослабляются защитные силы организма. В организме человека функционирует система иммунной защиты.

Иммунитет – это свойство организма, обеспечивающее его устойчивость к действию чужеродных белков, болезнетворных (патогенных) микробов и ядовитых продуктов. Иммунитет – способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность. Иммунитет защищает от инфекционных заболеваний, уничтожает раковые клетки, отторгает чужеродные ткани. Защитные функции иммунитета осуществляются лимфоидной системой. В ее состав входят: костный мозг, вилочковая железа (тимус), селезенка, лимфатические узлы и пейеровы (лимфоидные) бляшки кишечника. Виды иммунитета:

1) врожденный иммунитет наследуется потомством от родителей (люди с рождения имеют в крови антитела), это видовой признак, например, люди не заражаются чумой рогатого скота;

2) приобретенный иммунитет вырабатывается после попадания в кровь чужеродных белков, например, после перенесения инфекционного заболевания (корь, ветрянка и др.).

Естественный иммунитет может быть врожденный и приобретенный. Искусственный активный иммунитет появляется после прививки (введения в организм ослабленных или убитых возбудителей инфекционного заболевания). Впервые прививки применил Дженнер в 1796 г., предупреждая заболевания людей оспой путем введения в их организм жидкого содержимого пузырьков с кожи больных оспой коров. Прививка может вызвать заболевание в ослабленной форме. После прививки человек не заболевает или слабо болеет. Научное обоснование этому явлению дает Л. Пастер в 1879 г. после введения курам ослабленных возбудителей куриной холеры, они стали невосприимчивыми к этому заболеванию. Для быстрой помощи применяют лечебные сыворотки, полученные из плазмы крови болевших животных или людей. Сыворотки содержат необходимые антитела. Сыворотки вызывают появление искусственного пассивного иммунитета, который быстро исчезает.

Значительная роль в иммунитете принадлежит специфическим защитным факторам сыворотки крови – антителам, которые накапливаются в сыворотке после перенесенного заболевания, а также после искусственной иммунизации (прививок). В процессе активной иммунизации (вакцинации) изменяется чувствительность организма к повторному введению соответствующего антигена, т.е. изменяется иммунореактивность организма в форме повышения или понижения чувствительности отдельных органов и тканей к микробам, ядам и другим антигенам.

Свойство иммунореактивности не всегда полезно для организма: при повышении чувствительности к какому-нибудь антигену могут развиваться аллергические заболевания. Иммунологическая реактивность существенно зависит от возраста: у новорожденных она резко снижена, у пожилых развита слабее, чем у лиц среднего возраста. Между механизмами резистентности (устойчивости) организма и иммунитета существует своеобразный синергизм, который усиливает защиту.

Надежность биологических систем – это свойство клеток, органов, систем организма выполнять специфические функции, сохраняя характерные для них величины в течение определенного времени. Основной характеристикой надежности систем служит вероятность безотказной работы. Организм повышает свою надежность различными способами:

- 1) путем усиления регенеративных процессов, восстанавливающих погибшие клетки;
- 2) парностью органов (почки, доли легкого и др.);
- 3) использованием клеток и капилляров в работающем и неработающем режиме (по мере нарастания функции включаются ранее не функционирующие);
- 4) использованием охранительного торможения;
- 5) достижением одного и того же результата разными поведенческими действиями.

Для оценки степени воздействия опасных и вредных факторов на человека и выработки концепции защиты необходимо рассмотреть ряд общих экологических, психофизиологических законов, присущих всему живому.

2.3. ЗАКОНЫ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ ОЦЕНКИ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Закон толерантности или терпимости (В. Шелфорд, 1913): лимитирующим фактором благополучия организма может быть как минимум, так и максимум биологического или экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (толерантности) организма к данному фактору. Выносливость организма зависит от возраста и пола. Это значимо в текущей жизни и в процессе эволюции: женский организм более чуток к факторам среды обитания в ходе эволюции вида, чем мужской. Эта закономерность известна, как *правило Геодекияна* или правило меньшей эволюционно-экологической толерантности женского организма.

Закон физико-химического единства живого вещества (В. И. Вернадский): все живое вещество Земли физико-химически едино. Вредное для одной части живого вещества не может быть безразлично для другой его части, или вредное для одних видов существ, вредно и для других. Вся разница состоит лишь в степени устойчивости видов к данному фактору (агенту).

Закон минимума (Ю. Либих). Основной закон: выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его биологических или экологических потребностей, т.е. жизненные возможности лимитируются экологическими факторами, количество и качество которых близки к необходимому организму или экосистеме минимуму, дальнейшее их снижение ведет к гибели организма. Дополнительное правило взаимодействия факторов: организм в определенной мере способен заменить дефицитное вещество или другой действующий фактор иным функционально близким веществом или фактором (например, одно вещество другим функционально или химически близким).

Закон эффективной компенсации (взаимозаменяемости) факторов. Этот закон Рюбеля (1930), который углубляет закон минимума Либиха: отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсирован другим близким (аналогичным) фактором. Пример: недостаток света может быть компенсирован для растений большим объемом углекислого газа CO₂. Для человека потеря зрения, как правило, сопровождается повышением слуховой и тактильной чувствительности. Стремлению сузить сферу действия закона «минимума» противостоит закон независимости фундаментальных факторов Вильямса (1949): полное отсутствие в среде фундаментальных физиологических (экологических) факторов (свет, вода и т.п.) не может быть заменен ничем.

Закон равнозначности всех условий жизни: все условия среды, необходимые для жизни, играют равнозначную роль (сюда входят как факторы природной, так и социальной среды).

Закон неоднозначного (селективного) действия фактора на различные функции организма: любой фактор среды обитания неодинаково влияет на функции организма, оптимум для одних процессов, например, дыхания, не есть оптимум для других, например, пищеварения, и наоборот. Закон или правило фазовых реакций («польза–вред»): малые концентрации вредного вещества (токсиканта) действуют на организм в направлении усиления его функций (их стимулирования), тогда как более высокие концентрации угнетают, повреждают или даже приводят его к гибели (нашатырный спирт, уксус, синильная кислота). Эта токсикологическая закономерность справедлива для многих, но не всех вредных веществ, и особенно спорна для радиоизотопов. Благоприятное воздействие малых доз вредных экологических (физиологических) факторов называют гормезисом.

Закон «Все или ничего» – «вин» (Х. Боулич, 1871): подпороговые раздражения не вызывают нервного импульса («ничего») в возбуждаемых тканях, а пороговые стимулы (раздражители) или суммирование подпороговых воздействий создают условия для формирования максимального ответа («все»). Физиологический в своей основе закон «вин» при перенесении на широкий

круг систем в формулировке «слабые воздействия могут не вызывать у природной системы ответных реакций до тех пор, пока наконец, они не приведут к развитию бурного динамического (ответа) процесса», полезен в экологическом прогнозировании. Даже подпороговые воздействия иногда вызывают непропорционально сильные ответные реакции (например, воздействие радиации на живую клетку). Однако надо иметь в виду, что между воздействиями нет линейной пропорциональности и интегрироваться могут различные факторы (температура и влажность, радиация и нервный стресс и т.д.).

Закон Вебера – Фехнера (1860) – закон субъективной оценки раздражителя. Хотя слабые раздражения по принципу закона Боулича «ничего» не воспринимаются, но по закону Вебера – Фехнера: «чем сильнее раздражитель, тем труднее субъективно оценивать его количественно». Чем чувствительнее принимающее устройство (анализатор), тем ниже предел, за которым наступает насыщение, и перестают различаться оттенки раздражителя. Все анализаторы человека обладают дифференциальной или контрастной чувствительностью, т.е. обладают способностью устанавливать различие по интенсивности между раздражителями. Эта функция анализатора определяется наименьшей величиной (называемой разностными или дифференциальным порогом), на которую следует изменить силу раздражителя, чтобы вызвать едва заметное минимальное изменение ощущения. Данное положение впервые было введено немецким физиологом Э. Вебером и подвергнуто математическому анализу Г. Фехнером, который показал, что интенсивность наших ощущений пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. Данное положение вошло в физиологию как основной психофизический закон Вебера–Фехнера. Поэтому и возникла другая формулировка закона Вебера–Фехнера: «Наши органы чувств устроены так, что наши ощущения (реакции организма) прямо пропорциональны относительному изменению раздражителя». Это определение было положено в основу разработки допустимых значений некоторых факторов (шума, вибраций и др.) в децибелах.

2.4. ДОПУСТИМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА ЧЕЛОВЕКА

Взаимодействие организма человека с изменяющимися условиями внешней среды всегда приводит к перестройке его энергетического и материального баланса, сопровождающейся трансформацией внутренней энергии в организме и изменением происходящих в нем процессов, формирующих в конечном счете ответную реакцию всего организма на действие внешнего раздражителя. При малых уровнях взаимодействия раздражителя человек просто воспринимает информацию об окружающем мире, как поступающую извне. При высоких уровнях воздействия проявляется нежелательные биологические эффекты. Их появление, как правило, определяется количеством энергии, поступающей в единицу времени через единичную площадку на поверхности тела человека:

$$I = W/S \cdot t = P/S \text{ [Дж/с} \cdot \text{м}^2 = \text{Вт/м}^2\text{]}.$$

Если факторы окружающей природной или производственной среды действуют в течение небольших промежутков времени и достаточно длительных паузах, то нежелательные эффекты исчезают быстро и без последствий. Однако при высоких уровнях воздействия в течение длительного времени могут возникнуть нежелательные последствия, приводящие к соматическим и генетическим изменениям в организме человека, т.е. воздействие вредных факторов на организм человека может быть двояким: при малых уровнях – биологически активным, при чрезмерных – повреждающим.

Например: шум может успокаивать, создавать благоприятные условия для творчества – это шелест травы, листвы, шум прибоя, щебет птиц; но грохот, рокот, создаваемый техническими системами на производстве, или извержение вулканов, смерчи действуют по-другому: высокие уровни шума сначала возбуждают, а затем угнетают центральную нервную систему и наносят вред здоровью человека.

Или возьмем пример с поваренной солью (NaCl), в малых дозах она полезна, необходима и даже незаменима (в крови нашего организма в норме должно содержаться около 140 грамм NaCl), в больших дозах NaCl приводит

к заболеванию почек, сердечно-сосудистой системы и др., а в чрезмерных может привести к гибели человека.

Еще один пример. Отрицательное влияние тяжелых металлов на организм человека известно каждому, это и отравление свинцом и ртутью (онкологическое заболевание Минамата в 1950-х гг. в Японии), кадмием (заболевание итай-итай), цинком (литейная лихорадка) и др. Но в микроскопических количествах почти все элементы таблицы Менделеева, в том числе и тяжелые металлы содержатся в нашем организме (в ферментах, гормонах, витаминах и др.) и не оказывают вредного влияния, а способствуют протеканию реакций метаболизма, обмена веществ и энергии, жизни в целом.

Исходя из этого, предметом регламентирования при оценке влияния опасных и вредных факторов на безопасность жизнедеятельности человека является степень влияния факторов среды и трудового процесса на характер и уровень изменения функционального состояния, функциональных возможностей организма, его потенциальных резервов, адаптивных способностей и возможностей развития последних. Для исключения необратимых биологических эффектов медики-гигиенисты регламентируют воздействие неблагоприятных факторов, т.е. устанавливают нормируемые безопасные или предельно допустимые уровни (ПДУ) энергетического воздействия.

Например, для производственной среды ПДУ – это максимальный уровень фактора, который воздействуя на человека (изолировано или в сочетании с другими факторами) в течение рабочей смены ежедневно на протяжении всего трудового стажа не вызывает у него и у его потомства биологических изменений, даже скрытых и временно компенсированных (в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушения физиологических циклов), а также психологических нарушений (снижение интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности, надежности). При определении ПДУ приходится делать выбор между вероятностью нанести вред здоровью человека и экономической необходимостью. При установлении ПДУ воздей-

ствия неблагоприятных факторов в производственной деятельности, в быту и окружающей среде необходимо руководствоваться следующими принципами:

1) принцип приоритета (примата) всех медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (техническая достижимость, экономические требования, целесообразность и т.д.);

2) принцип порогости всех типов действия неблагоприятных факторов (в том числе химических соединений мутагенного и канцерогенного действия и ионизирующего излучения). Этот принцип базируется на концепции закона Боулича;

3) принцип опережения разработки и внедрения профилактических мероприятий по сравнению с моментом появления опасного или вредного фактора в производстве. Физиологическая норма – это биологический оптимум жизнедеятельности.

В общем случае гигиеническое нормирование факторов внешней среды требует решения по крайней мере трех основных вопросов:

- цели нормирования;
- выбора физического критерия нормирования, т.е. нормируемого показателя (его диапазона и единиц измерения);
- принципа установления нормируемых величин (перечислены выше).

Ограничение параметров неблагоприятных факторов внешней среды, воздействующих на человека в процессе его трудовой деятельности, в быту или окружающей среде, может преследовать различные цели обеспечения:

1) безопасность труда и быта, т.е. исключение возможности, воздействий, опасных для жизни и здоровья или приводящих к увечьям. Такие нормы устанавливаются на основе опытов с животными и с учетом случаев, имевших место в трудовой деятельности;

2) гигиена труда, т.е. предупреждение возникновения профессиональных заболеваний, возникающих в результате длительного действия фактора;

3) эргономика, т.е. создание оптимальных условий для наиболее производительного труда при наименьшем напряжении функциональной деятельности организма. В основе этих норм должны лежать исследования по влиянию параметров фактора на изменение производительности и эффективности труда, профессиональной надежности и качества продукции;

4) гигиена жилья и быта. Важным этапом нормирования является выбор физического критерия для гигиенического нормирования неблагоприятного фактора, который бы ограничивал вредное действие различных факторов среды на организм человека.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из сугубо биологического закона (Вебера–Фехнера), выражающего связь между изменениями интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя. Если обозначить dL – элементарное ощущение; R – величина раздражения; dR – элементарное приращение раздражений; a – коэффициент пропорциональности

$$dL = adR/R.$$

Интегрируя, получим уровень ощущений

$$L = adR/R = a \ln R \Big|_{R_0} = a(\ln R - \ln R_0) = a \ln R/R_0,$$

где R_0 – const интегрирования, равная порогу ощущения, т.е. минимальной энергии раздражителя, характеризующий начало ощущения; a – определяет масштаб измерений.

Если: $a = 1$, $L = \ln(R/R_0)$, уровень измеряется в неперах; $a = \lg e$, $L = a \ln(R/R_0) = \lg e \cdot \ln(R/R_0) = 0,434 \cdot \ln(R/R_0) = \lg(R/R_0)$, уровень ощущений измеряется в беллах; $a = 10 \cdot \lg e$, $L = 10 \cdot \lg R/R_0$, уровень измеряется в децибеллах.

Для двух разных ощущений

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 10 \cdot \lg R_2/R_0 - 10 \cdot \lg R_1/R_0 = 10 \cdot \lg R_2/R_1.$$

Любую физическую величину (интенсивность шума, вибрации и т.д.) можно измерить в децибеллах: $10 \cdot \lg R/R_0 = L$ – уровень физической величины

(интенсивности шума, вибрации и т.д.), т.е. уровень физической величины в дБ равен уровню ощущений в дБ.

На базе закона Вебера – Фехнера построено нормирование вредных факторов, т.е. устанавливаются предельно допустимый уровень воздействия. Для оценки величины порога ощущений (R_0) для различных анализаторов можно определить чувствительность наших органов чувств (анализаторов) к адекватному раздражителю.

2.5. КОМПЛЕКСНОЕ ДЕЙСТВИЕ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА. ТОКСИКАНТЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Весомый вклад в состояние здоровья человека вносят токсиканты, содержащиеся в биосфере. Рассмотрим источники поступления токсикантов в окружающую среду. К числу природных источников биодоступных ксенобиотиков, но данным ВОЗ, относятся: переносимые ветром частицы пыли, аэрозоль морской соли, вулканическая деятельность, лесные пожары, биогенные частицы, биогенные летучие вещества. Другим источником ксенобиотиков в окружающей среде, значение которого неуклонно возрастает, является деятельность человека.

Важнейшим элементом экотоксикологической характеристики поллютантов является идентификация их источников. Решить эту задачу далеко не просто, так как порой вещество поступает в среду в ничтожных количествах, иногда в виде примесей к вполне безобидным субстанциям. Наконец, возможно образование экополлютанта в окружающей среде в результате абиотических или биотических трансформаций других веществ.

Многочисленные абиотические (происходящие без участия живых организмов) и биотические (происходящие с участием живых организмов) процессы в окружающей среде направлены на элиминацию (удаление) экополлютантов.

Многие ксенобиотики, попав в воздух, почву, воду, приносят минимальный вред экосистемам, поскольку время их воздействия ничтожно мало. Вещества, оказывающиеся резистентными к процессам разрушения и, вследствие этого, длительно персистирующие в окружающей среде, как правило, являются потенциально опасными экотоксикантами (табл. 2.4).

Постоянный выброс в окружающую среду персистирующих поллютантов приводит к их накоплению, превращению в экотоксиканты для наиболее уязвимого (чувствительного) звена биосистемы. После прекращения выброса персистирующего токсиканта он еще длительное время сохраняется в среде. Так, в воде озера Онтарио в 1990-е гг. определяли высокие концентрации пестицида мирекс, использование которого было прекращено еще в конце 1970-х гг. В водоемах испытательного полигона ВВС США во Флориде, где в 1962 – 1964 гг. был с исследовательскими целями распылен «Оранжевый Агент», спустя 10 лет ил содержал 10...35 нг/кг ТХДД (при норме: по стандартам США – 0,1 нг/кг, России – 10 пг/кг).

2.4. Период полуразрушения некоторых ксенобиотиков в окружающей среде

Поллютант	Период полуразрушения	Среда (условия разрушения)
ДДТ	10 лет	Почва
Тхдд	9 лет	То же
Атразин	25 месяцев	Вода (рН = 7,0)
Бензоперилсн	14 месяцев	Почва
Феиантрен	138 дней	То же
Карбофуран	45 дней	Вода (рН = 7,0)
Фосфорилтиохолины	21 день	Почва ($t = + 15^{\circ}$)
Иприт	7 дней	То же
Зарин	4 часа	То же

К числу веществ, длительно персистирующих в окружающей среде, относятся тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, ртуть, мышьяк, хром), полициклические полигалогенированные углеводороды (полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, полихлорированные бифенилы и т.д.), некоторые хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т.д.) и многие другие вещества.

Все виды классических количественных токсикологических исследований в полной мере используются для определения экотоксичности ксенобиотиков.

Острая токсичность экополлютантов определяется экспериментально на нескольких видах организмов, являющихся представителями различных уровней трофической организации в экосистеме (водоросли, растения, беспозвоночные, рыбы, птицы, млекопитающие).

Агентство по защите окружающей среды США требует при определении критериев качества воды, содержащей некий токсикант, определения его токсичности, по крайней мере, на восьми различных видах пресноводных и морских организмов (16 тестов).

Неоднократно делались попытки ранжировать виды живых существ по их чувствительности к ксенобиотикам. Однако для различных токсикантов соотношение чувствительности к ним живых существ различно. Более того, использование в экотоксикологии «стандартных видов» представителей определенных уровней экологической организации для определения экотоксичности ксенобиотиков, с научной точки зрения, некорректно, поскольку чувствительность животных даже близких видов порой отличается очень существенно.

Условные данные для оценки токсичности веществ для биоты представлены в табл. 2.5.

Медь и *цинк* характеризуются как наибольшей химической активностью, позволяющей считать их хорошими индикаторами терригенного стока, седиментации, так и высокой эффективностью накопления в водорослях и планк-

тоне, что определяет их особую значимость для биоты. Они являются главными составляющими многих металлоферментов, участвующих в природной селекции аэробных клеток, в окислительно-восстановительных процессах тканей, иммунной реакции, стабилизации рибосом и мембран клеток.

Соединения *хрома*, присутствующие в некоторых биогеохимических аномалиях и попадающие в окружающую среду также с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, представляют опасность для живых организмов.

В то же время, хром – биологически активный элемент, он участвует в обмене нуклеиновых кислот, входит в состав ферментных систем. Среднесуточная физиологическая потребность взрослых людей в хrome составляет 150...200 мкг/сут. При недостатке хрома у животных наблюдались угнетение роста, сокращение продолжительности жизни, нарушение обмена глюкозы, белка, поражение роговицы.

Никель и кобальт – биологически активные и канцерогенные элементы. Сравнительно малая подвижность этих элементов обуславливает их достаточно равномерное распределение в природных средах.

Геохимические особенности *свинца* – малая подвижность и непродолжительное время жизни в атмосфере и фазе раствора природных вод. В поверхностных водах оно составляет несколько лет, а в глубинных – до 100 лет.

2.5. Группы токсичности ксенобиотиков для позвоночных животных

LX ₅₀ для рыб, мг/л	LD ₅₀ для птиц и млекопитающих, мг/кг	Степень токсичности	Пример
>100	>5000	Малотоксичные	Барий
10...100	500...5000	Умеренно токсичные	Кадмий
1...10	50...500	Токсичные	Дихлорбензол
<1	<50	Высокотоксичные	Алдрин

Кадмий по химическим свойствам и специфике поведения в различных природных средах имеет определенную аналогию с цинком. Высокая токсичность и растворимость этого элемента обусловлены большим сродством к SH-группам. В отличие от ртути сродство кадмия к кислороду выражено менее ярко, что объясняет образование его достаточно неустойчивых металлоорганических соединений и определенную инертность в окислительно-восстановительных реакциях. Кадмий склонен к активному биоаккумуляции, что приводит в довольно короткое время к его накоплению в избыточных биодоступных концентрациях. Поэтому кадмий по сравнению с другими тяжелыми металлами является наиболее сильным токсикантом почв ($Cd > Ni > Cu > Zn$).

Ртуть – самый токсичный элемент в природных экосистемах. По токсикологическим свойствам соединения ртути классифицируются на следующие группы: элементная ртуть, неорганические соединения, алкилртутные метил- и этилсоединения с короткой цепью и другие ртутьорганические соединения, а также комплексные соединения ртути с гумусовыми кислотами. Из этих соединений ртути наиболее токсичны для человека и биоты ртутьорганические соединения. Их доля в речных водах составляет 46% от общего содержания, в донных отложениях – до 6%, в рыбах – до 80...95%. Как неорганические, так и органические соединения ртути высокорастворимы.

2.6. ПРИНЦИПЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ПДУ И ПДК ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ, ФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ И ПРИНЦИПЫ УСТАНОВЛЕНИЯ НОРМ

В связи с невозможностью полностью предотвратить воздействие на человека многих необходимых для современной цивилизации природных и техногенных факторов наиболее реальная профилактика неблагоприятных влияний на человека и окружающую среду состоит в снижении воздействия потенциально вредных факторов до безопасного уровня на основе их нормирования.

Нормирование действующих негативных факторов – ограничение негативного воздействия внешней среды на человека.

Целями нормирования действующих негативных факторов являются:

- повышение безопасности труда и быта, исключение травм;
- гигиена труда, предупреждение профессиональных заболеваний;
- эргономика, оптимизация условий труда, сохранение работоспособности;
- экологическая гигиена, снижение негативного воздействия природной среды: атмосферы, воды, почвы, продуктов;
- техническое нормирование: повышение надежности, безопасности, безаварийности приборов, машин, сооружений и т.п.

Первоначально были установлены нормативы качества окружающей среды, приемлемые для человека, чем было положено начало работам в области санитарно-гигиенического нормирования. Однако человек – не самый чувствительный из биологических видов, и Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» различает гигиенический и экологический нормативы качества атмосферного воздуха. Первый вид нормативов отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека, а второй показывает содержание вредного воздействия на окружающую среду.

Гигиеническое нормирование – установление в законодательном порядке безвредных (безопасных) для человека уровней воздействия вредных факторов окружающей среды: предельно допустимых концентраций химических веществ, предельно допустимых уровней воздействия физических факторов и др. Отсутствие гигиенического норматива, как правило, приводит к неконтролируемому, скрытому воздействию потенциально вредных факторов на человека. Норматив нельзя отождествлять с понятием нормы – большинство установленных гигиенических нормативов представляют собой максимально допустимые, а не оптимальные величины. По природе и назначению гигиени-

ческие нормативы в большинстве случаев антропоцентричны и основаны на медико-биологических критериях, так как направлены, в первую очередь, на защиту здоровья человека от прямых или опосредованных через экологические системы вредных воздействий факторов окружающей среды.

Экологическое нормирование является основой охраны человека и его здоровья. Согласно определению в ст. 19 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности. При этом нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов, в том числе человека (ст. 21).

Нормативы качества окружающей среды предусмотрены многими документами: постановлениями Правительства РФ, ГОСТами, ОСТами, СНиПами, СанПиНами, ОБУВаами и др. Выделяют различные виды нормативов качества окружающей среды: нормативы, установленные в соответствии с химическими показателями состояния окружающей среды, в том числе нормативы ПДК химических веществ, включая радиоактивные вещества; нормативы ПДУ воздействий, в том числе вредных физических воздействий (шум, тепло, вибрация, магнитные поля и т.д.) и радиационных воздействий; нормативы, установленные в соответствии с биологическими показателями состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других организмов, используемых как индикаторы качества окружающей среды, а также нормативы ПДК микроорганизмов; иные нормативы качества окружающей среды, установленные нормативными правовыми актами РФ и субъектов РФ

Физический критерий нормирования – нормируемый параметр, который наиболее полно отражает негативное воздействие фактора, легко измеряется и рассчитывается; нормируются размерность параметра и диапазон изменения.

Принципы установления ПДУ:

- *принцип безвредности* – приоритет медико-биологических показателей перед технологическими, экономическими и другими соображениями;
- *принцип опережения* – обоснование нормативов и осуществление профилактических мероприятий до внедрения тех или иных недостаточно изученных процессов и веществ;
- *принцип порогового действия* – пороговой величиной вредного фактора принято считать дозу энергии или концентрацию вещества, не вызывающую неблагоприятных изменений в организме за счет приспособительных реакций. Существует множество аргументов как в пользу порогового действия, так и в поддержку беспороговой концентрации действия радиации, веществ мутагенного и канцерогенного характера;
- *принцип моделирования* – базовой моделью при исследовании отдаленных последствий вредных факторов являются лабораторные животные. Значения порога вредного воздействия, установленные на животных, уменьшаются на коэффициент запаса от 2 до 10 раз;
- *принцип лимитирующего показателя* (принцип «слабого звена») – вредный фактор может вызвать разнообразные реакции организма, и величина норматива выбирается на уровне наименьшего из значений;
- *принцип комплексного (интегрального) нормирования* – учитываются особенности комбинированного действия нескольких вредных факторов.

Так, для атмосферного воздуха населенных мест установлены 36 коэффициентов комбинированного действия для бинарных смесей и 20 – для смесей вредных газов из 3 – 5 компонентов.

Принципы установления ПДК:

- *принцип опережения разработки и внедрения* профилактических мероприятий по сравнению с моментом поступления вещества в широкую практику;

- *принцип стадийности токсикологических исследований* – синхронно со стадиями химической и технологической разработки производства нового продукта;
- *принцип приоритета медицинских и биологических показаний* к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (техническая достижимость, экономические требования);
- *принцип пороговости всех типов действия химических соединений* (в том числе мутагенного и канцерогенного);
- *принцип постоянства численности вида, единства организма со средой обитания, единства организма как биологической системы* (основа определения критериев вредности при разработке схем токсикометрии).

3. ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ. ЭЛЕМЕНТЫ ТОКСИКОМЕТРИИ И КРИТЕРИИ ТОКСИЧНОСТИ

3.1. ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКСИЧНОСТИ ВЕЩЕСТВ

Одним из основных терминов токсикологии является термин «вредное» (токсичное, ядовитое) вещество.

По этому поводу еще в средние века Парацельс говорил: «Все есть яд, все есть лекарство; то и другое определяет доза». Ничто не лишено ядовитости, т.е. одно и то же вещество может быть вредным (ядом), лекарством и необходимым для жизни средством в зависимости от его количества и условий взаимодействия с организмом. Получается, что нет токсичных веществ, а имеет место быть токсичные концентрации. Графически этот постулат иллюстрируется рис. 3.1.

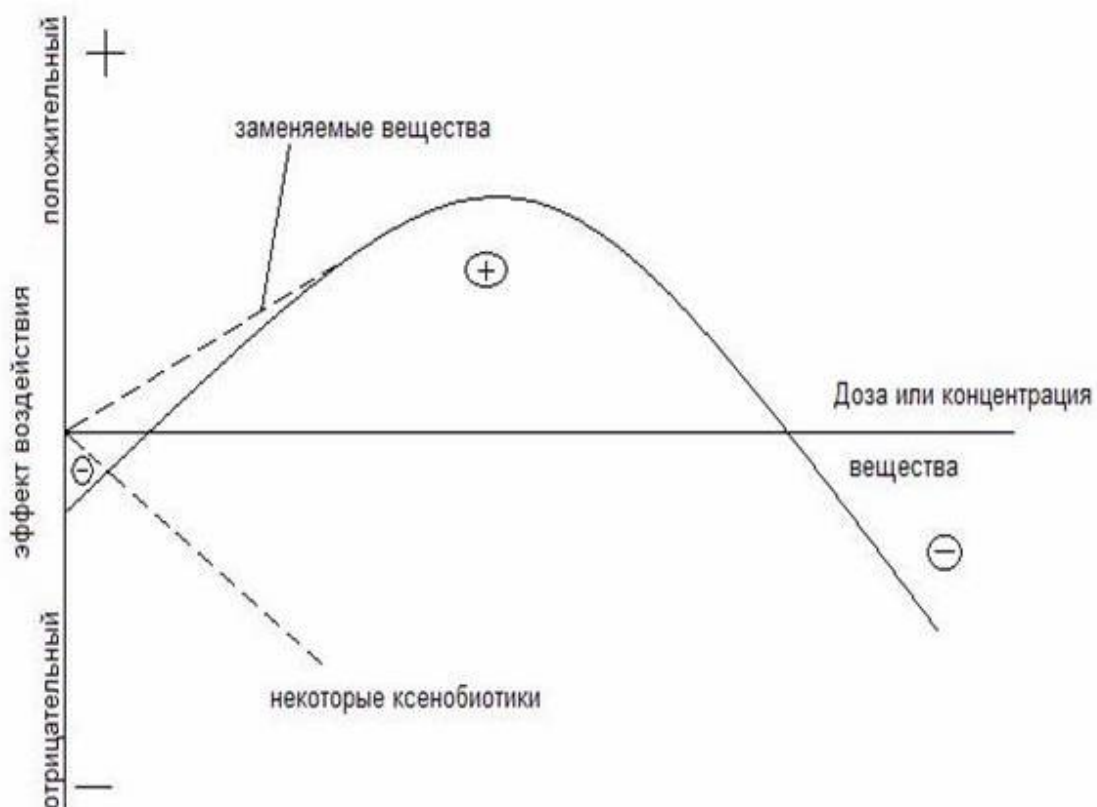


Рис. 3.1. Эффекты воздействия веществ на живой объект

Токсичными (вредными) называются вещества, которые при проникновении в организм человека стимулируют метаболические реакции, которые приводят к отрицательным преобразованиям в физиологических процессах его органов и систем. При единоразовом поступлении в организм высоких концентраций токсичного вещества наступает острое отравление, при многократном поступлении в незначительных количествах – хроническое.

Токсичные вещества отрицательно влияют на деятельность всего организма в целом, не зависимо от их пути поступления, времени контакта и концентрационных величин. Большую опасность представляют яды, имеющие избирательную способность, т.е. направляющие свое негативное действие на строго определенные органы – мишени. По своей избирательной способности токсиканты можно разделить на следующие группы:

1) *нейротропные (нервные яды)*. Эти вещества разрушительно воздействуют на нервную систему – центральную и периферическую. К данной группе относится большое количество классов органических соединений (спирты, альдегиды, эфиры, кетоны, кислоты), а также некоторые неорганические вещества – например, ртуть, сероводород и другие. При нарушении функции нервной системы возникают спутанность сознания, галлюцинации, бред, расстройство координации и мышления, в тяжелых случаях возможен летальный исход.

2) *кровяные яды*. Эти вещества разрушают форменные элементы крови, что крайне опасно при той функциональной нагрузке, которой обладает кровь в организме человека. Нарушение функции крови может быть связано с гемолизом (гемолитические яды) или изменением гемоглобина, заключающемся либо в образовании метгемоглобина (метгемоглобинизирующие яды), либо в вытеснении кислорода и образовании с гемоглобином стойкого соединения (например, карбоксигемоглобин при отравлении окисью углерода). Эти яды образуются как побочные продукты при химических и металлообрабатывающих процессах или применяются как органические растворители.

К гемолитическим ядам относится мышьяковистый водород. К метгемоглобинообразующим ядам относятся бертолетова соль, нитробензол, анилин и др. К карбоксигемоглобинообразующим ядам относится монооксид углерода. Особую опасность представляет бензол, оказывая вредное воздействие на костный мозг, приводя к уменьшению количества эритроцитов, и как следствие к развитию анемии. Он также может вызвать чрезмерное кровотечение и может поразить иммунную систему, увеличивая вероятность заражения.

3) *гепатотропные яды*. Нарушают функции печени и почек. Если учесть, что печень является в организме человека естественным и практически единственным барьером на пути проникновения повреждающих веществ, то становится очевидным снижение сопротивления организма различным воздействиям при невозможности печени выполнять свои функции. Примером гепатотропных ядов являются хлорированные углеводороды, производные бензола, некоторые фенолы, спирты, альдегиды, амины, отдельные неорганические вещества (белый фосфор), растительные яды, а также гемолитические яды (уксусная эссенция, медный купорос, мышьяковистый водород, бихроматы, некоторые растительные яды), гликоли и близкие к ним соединения (этиленгликоль, его эфиры, щавелевая кислота и т.д.), соли тяжелых металлов. Общим для всех соединений данной группы является их способность наряду с повреждением печеночной паренхимы вызывать глубокие поражения почек с развитием печеночно-почечной или почечно-печеночной недостаточности.

4) *ферментные яды*. Ферментами называют органические соединения, которые обеспечивают возможность протекания химических реакций в человеческом организме. Учитывая многообразие таких реакций, а также то, что ферменты присутствуют при реакциях в микроскопически малых количествах, можно сделать вывод о повышенной опасности ферментных ядов, ведь даже небольшого их содержания в организме будет достаточно для нарушения жизненно важных процессов. Ферментными ядами являются, например, синильная

кислота и ее соли (наиболее известная – цианид калия), которые разрушают дыхательные ферменты, обеспечивающие возможность протекания переноса кислорода к органам и тканям. Ртуть также является ферментным ядом, разрушающим белковые ферменты обмена веществ нервных клеток, таким образом, опосредованно ртуть действует и как нейротропное вещество.

5) *аллергены*. Это особая группа, обладающая токсическим действием только для определенной группы лиц. В данном случае организм вступает в борьбу с ядом, который по какой-либо причине «выбрал» для себя сам, при этом истощая внутренние ресурсы. Для большей же части людей аллергены не только не являются ядами, но могут быть даже очень полезными, например, продукты пчеловодства, белковые продукты и т.д.

б) *мутагены*. Вещества, которые повреждают генный аппарат клетки. Действие данных ядов проявляется в последующих поколениях.

7) *легочные яды*. Это очень многочисленная группа веществ, внутри которой широко варьируются как органолептические возможности обнаружения их присутствия в воздухе, так и тяжесть воздействия на организм человека. Например, аммиак, легко определяемый по резкому запаху даже в малых концентрациях, не приводит к существенному ухудшению состояния здоровья. Напротив, окислы азота, при контакте вызывающие только легкое раздражение, без своевременно оказанной медицинской помощи через несколько часов вызывают фатальные изменения легочной ткани, приводящие к гибели человека. Или же хлор, который плохо растворим в воде, а следовательно и в слизистой дыхательных путей, способен проникать в глубокие области легочной ткани и адсорбироваться в альвеолах легких, вызывая развитие смертельных легочных отеков.

8) *кожные яды*. Вызывают раздражение на коже, острые и хронические дерматиты. Наиболее распространенными и опасными веществами данной группы являются кислоты и щелочи. Они растворяют кожные покровы, в тяжелых случаях приводя к глубокой инвалидности. Щелочи даже опаснее кислот,

так как кислоты образуют белковую пробку, препятствующую более глубокому проникновению вещества в организм, а щелочи омыливают ткани, пока не израсходуются полностью, нанося глубокие непоправимые повреждения.

3.2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯДОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОКСИЧНОСТЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ. ПУТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ КСЕНОБИОТИКОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Существуют несколько факторов, определяющие степень воздействия на человека токсичных соединений:

1) *концентрация* токсичного вещества в воздухе. Очевидно, что с повышением содержания токсичного вещества в воздухе увеличивается его поступление в организм человека, что приводит к более серьезным последствиям. На открытом пространстве концентрация вещества в атмосфере определяется скоростью ветра на высоте 10 м от поверхности земли и СВУВ – степенью вертикальной устойчивости воздуха, зависящей от разницы температур приземных и более высоких слоев воздушного пространства.

2) *продолжительность воздействия*. Существует прямая зависимость концентрации вещества, а следовательно и степени отравления от времени контакта с ним. При увеличении времени воздействия токсиканта на человека растет концентрация вещества в организме, приводя к его кумуляции, значит, состояние человека усугубляется.

3) *пути поступления в организм*. Основные способы, которыми токсичное вещество может оказаться в организме человека, – это пероральный (через желудочно-кишечный тракт), кожно-резорбтивный (всасывание через кожу) и ингаляционный (через дыхательные пути). При пероральном внедрении (путем заглатывания с пищей, водой и при курении) токсичное вещество проходит через печень, которая, являясь физиологическим фильтром, в определенной мере снижает опасность отравления. Для кожно-резорбтивного внедрения

токсичному веществу нужно преодолеть липидную защитную пленку на поверхности кожи. При ингаляционном внедрении природных защитных механизмов не существует, этот способ является наиболее опасным. Опасность обусловлена самим строением легких человека. Легкие представляют собой своеобразные «гроздья», состоящие из пузырьков воздуха (альвеол с общей площадью поверхности 90...130 м²), оплетенных плотной сетью кровеносных сосудов. Кровь и воздух в легких разделены стенками кровеносных сосудов, образующих так называемый аэрогематический барьер. Природа создала легкие человека таким образом, что аэрогематический барьер обладает высочайшей проницаемостью для обеспечения эффективного газообмена между кровью и окружающей средой – кислород должен активно поступать в кровь, а углекислый газ удаляться из организма. В случае содержания в воздухе токсичных веществ высокая проницаемость аэрогематического барьера позволяет отравляющим компонентам беспрепятственно проникать непосредственно в кровь и в течение долей секунды разноситься по всему организму. Именно ингаляционный путь внедрения, наиболее опасный, характерен для производственных отравлений. В быту наиболее распространенным является пероральный способ поступления, при котором чаще по ошибке принимают внутрь отравляющее вещество.

4) *факторы окружающей среды* (температура и относительная влажность воздуха). При повышении температуры окружающей среды, во-первых, учащается дыхание, усиливается газообмен с окружающей средой, что способствует более активному проникновению токсичных веществ в организм человека; во-вторых, при высоких температурах концентрация летучих веществ в воздухе также значительно повышается. Повышение относительной влажности существенно упрощает поступление в организм водорастворимых токсичных веществ.

5) *агрегатное состояние и физические свойства веществ*. Известно, что наиболее опасным способом внедрения токсичного вещества в организм человека является ингаляционный, следовательно, наиболее опасное агрегатное

состояние токсичного вещества – газ. Поэтому естественно, что вещества, легко переходящие в газовую фазу (т.е. обладающие такими физическими характеристиками, как низкая температура кипения, высокая летучесть), при прочих равных условиях создают в воздухе более высокие концентрации и оказывают более выраженное негативное воздействие.

Еще одной закономерностью, выявленной в результате сравнительного анализа физических свойств токсичных веществ, является так называемый закон Авертона–Майера. Он гласит, что более токсичными являются вещества, имеющие более высокое значение отношения растворимости в жирах к растворимости в воде.

Вообще говоря, выявление закономерностей между физическими свойствами вещества и его общей токсичностью является весьма перспективной и заманчивой задачей. В самом деле, при синтезе нового вещества определение его токсичности является одним из вопросов, требующих немедленного решения. Проведение же токсикологических экспериментов, необходимых для этого, – дело длительное и затратное во всех отношениях. В связи с этим разработка расчетных прогнозных методов, опирающихся на физические свойства веществ и их химическое строение, является важной и неотложной задачей.

Для многих веществ с высокой долей уверенности можно констатировать связь между структурой и действием, есть также разработки, позволяющие предвидеть характер и силу действия ряда вновь вводимых в активное использование химических соединений. Так как в настоящее время новые химические продукты появляются в больших количествах, возможности лабораторий оценить их по токсикологической характеристике ограничены. Поэтому очень важной является возможность по физико-химическим константам (ФХК) соединения предсказать с помощью расчетов ориентировочное значение максимально допустимых безопасных концентраций (ПДК_{рз}).

Для различных летучих органических соединений приблизительные величины ПДК можно найти, исходя из основных ФХК:

$$\lg C^* = 0,48 \lg P - 0,1 + \lg M;$$

$$\lg C^* = 1,12 - 0,058\sigma + \lg M;$$

$$\lg C^* = 14,2 - 10n_D + \lg M;$$

$$\lg C^* = -1,2 - 0,012t_{\text{пл}} + \lg M;$$

$$\lg C^* = 0,4 - 0,01M + \lg M;$$

$$\lg C^* = 0,6 - 0,01t_{\text{кип}} + \lg M;$$

$$\lg C^* = 1,6 - 2,2d + \lg M,$$

где P – давление насыщенного пара вещества при $t = 20$ °С, мм рт. ст.; σ – поверхностное натяжение жидкости при 20 °С, дин/см; n_D – показатель преломления; $t_{\text{пл}}$ – температура плавления, °С; $t_{\text{кип}}$ – температура кипения, °С; M – молекулярная масса, кг/кмоль; d – удельный вес, Н/м³.

Эти уравнения можно использовать в определенных диапазонах изменения ФХК. Расчет прогнозируемых предельно допустимых концентраций рекомендуется проводить не менее чем по двум формулам. Определяются средние величины логарифмов, а затем вычисляется значение ПДК. В это значение рекомендуется внести поправку, оценивающую реакционную способность вещества. Величины поправок, зависящие от химического строения вещества, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

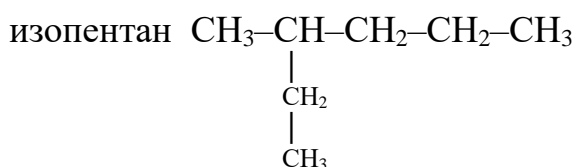
Группа соединений	Величина поправки
Насыщенные кетоны. Спирты, простые и сложные эфиры насыщенного ряда	0,5
Амины насыщенного ряда	-1,0
Анилин и его производные	-1,0
Циклические соединения, содержащие в боковой цепи группу NO ₂	-1,0
Альдегиды	-1,5

Поиски связей между физико-химическими свойствами и показателями токсичности неорганических паров и газов показали, что эти связи существуют, но их гораздо меньше, чем обнаружено у неорганических соединений.

б) *строение молекулы и химические свойства вещества*. В настоящее время выявлены определенные закономерности, позволяющие по строению молекулы вещества делать выводы о его токсичности. Приведем некоторые правила:

а) **Правило Ричардсона**. Для многих классов органических соединений выявлено повышение токсического действия вещества с ростом молекулярной массы. Например, в ряду эфиров алифатического ряда наркотическое и общее токсическое действие возрастает от метилацетата ($C_3H_6O_2$, молекулярная масса 74 г/моль) к амилацетату ($C_5H_{10}O_2$, молекулярная масса 130 г/моль).

б) **Правило разветвленных цепей**. Из двух изомеров (веществ, имеющих одинаковый качественный и количественный состав, но разных по строению) менее токсичным является тот, в молекуле которого присутствует большее количество радикальных заместителей:

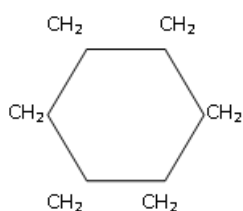


Так как в молекуле изопентана присутствует этильный радикал (имеется разветвление), его токсичность по сравнению с н-гептаном ниже;

в) **Правило замыкания цепей**. При замыкании цепочки углеродных атомов токсичность вещества повышается:



циклогексан



Циклогексан, полученный из гексана замыканием углеродной цепочки, является более токсичным;

г) Правило кратных связей. Для элементов таблицы Менделеева справедливо общее правило – чем химически более активен элемент, тем он более токсичен. Поэтому вещества, имеющие в молекуле кратные связи, следовательно, более химически активные, обладают и большей токсичностью. Чем выше кратность связей в молекуле, тем агрессивнее и токсичнее вещество

этан C_2H_6 (одинарная связь в молекуле) CH_3-CH_3

этилен C_2H_4 (двойная связь в молекуле) $CH_2=CH_2$

ацетилен C_2H_2 (тройная связь в молекуле) $CH\equiv CH$

Если этан малотоксичен и обладает достаточно высокой температурой воспламенения (152 °С), то ацетилен характеризуется высокой токсичностью и крайне химической активностью (взрывается на открытом воздухе), что обусловлено высокой ненасыщенностью связей между молекулами углерода.

7) *способность вещества к кумуляции* (накоплению в организме). Если вещество разлагается в организме и выводится с меньшей скоростью, чем поступает, возникает эффект кумуляции. Очевидно, что вещества, обладающие кумулятивными свойствами, способны вызывать хронические отравления. Существует как физическая, так и функциональная кумуляция, при которой в организме накапливается не само вещество, а негативные изменения, вызванные его действием. При этом резко возрастает чувствительность организма даже к малейшим дозам ядовитого продукта, которые ранее не вызывали заметных реакций со стороны организма, а в условиях функциональной кумуляции приводят к острым отравлениям.

8) *особенности одновременного воздействия* нескольких токсичных веществ на организм. Различают три вида одновременного воздействия:

а) Синергизм – это действие, при котором осуществляется единовременное влияние токсикантов одной направленности по отношению к организму человека с последующим потенцированием губительного действия. Наиболее

распространенным синергетическим ядом является этанол, усиливающий действие многих токсичных веществ. Именно этим обусловлен строгий запрет приема спиртовой продукции совместно с лекарственными препаратами. Современные лекарства являются мощными химически активными веществами, в которых сила прямого воздействия, к сожалению, обуславливает и достаточную выраженность побочных воздействий. Этанол может привести к многократному усилению побочных действий и непоправимым последствиям;

б) Антагонизм – это действие, при котором один токсикант ослабляет действие другого. Редко встречающийся эффект. Активным синергетиком является этиловый спирт, но он способен выполнять антагонистическую функцию по отношению к метиловому спирту;

в) Аддитивность или суммация – это проявление независимого действия ядов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется (например, наркотическое действие смеси бензола и изопропилбензола);

г) Независимое действие ядовитых веществ в смеси оказывает комбинированный эффект, не отличающийся от изолированного действия каждого яда в отдельности (например, независимым действием обладает смесь выхлопных газов автомобиля и дорожной пыли). Может преобладать эффект наиболее токсичного вещества.

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

9) *индивидуальные особенности организма*. Известно, что наиболее чувствительны к воздействию токсичных веществ дети и лица пожилого возраста. Но в случае воздействия высокотоксичных веществ индивидуальные особенности можно не принимать в расчет.

Для обеспечения безопасности пребывания человека в производственном помещении содержание токсичного вещества в воздухе не должно превышать некоторых максимально допустимых величин, гарантированно не вызывающих негативных изменений в состоянии здоровья при любой теоретически вероятной продолжительности воздействия. Такие величины называются предельно допустимыми концентрациями. Для оценки границ диапазонов содержания токсичных веществ в воздухе современная токсикометрия использует следующую терминологию [ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности]:

ПДК_{рз} – предельно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация при вдыхании в течение 30 мин не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

ПДК_{сс} – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

ВДК_{р.з.} (ОБУВ) – временная допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) химического вещества в воздухе рабочей зоны, установленная расчетным путем, мг/м³ (временный норматив – на 2 года).

ВДК_{а.в.} (ОБУВ) – временная допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) химического вещества в атмосферном воздухе, установленная расчетным путем, мг/м³ (временный норматив – на 3 года).

ПДВ – предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания условиях, кг/сутки.

ЛК₅₀ – летальная концентрация вещества, вызывающая при вдыхании (мыши – 2 ч, крысы – 4 ч) гибель 50% животных, мг/л. Значения ЛК₅₀ выражают также в кг-молекулах на литр (мМ/л). Для перевода мг/л в мМ/л необходимо разделить исходное значение ЛК₅₀ на молекулярную массу вещества.

ПК_{одор} – пороговая концентрация вещества, вызывающая ощущение, запах, мг/м³.

ПК_{ост} – пороговая концентрация вещества острого действия, установленная на лабораторных животных при однократном ингаляционном воздействии, мг/л.

ПК_{хр} – пороговая концентрация хронического действия, установленная на лабораторных животных при ингаляционном воздействии по 4 ч пять раз в неделю на протяжении 4 месяцев, мг/л.

ПК_р – пороговая концентрация раздражающего действия, вызывающая соответствующий эффект у человека или экспериментальных животных, мг/л/

K_k – коэффициент кумуляции, отношение дозы или концентрации, вызывающий определенный токсический эффект при однократном воздействии, к суммарной дозе или концентрации вещества, вызывающей тот же эффект при многократном воздействии.

$K_{вио}$ – коэффициент возможного ингаляционного отравления – отношение максимально достижимой концентрации вещества в воздухе (давления насыщающих паров) при 20 °С к ЛК₅₀.

$Z_{ост}$ – зона острого действия, определяемая как отношение LK_{50} к $ПК_{ост}$.

$Z_{хр}$ – зона хронического действия, определяемая как отношение $ПК_{ост}$ к $ПК_{хр}$.

Z_p – зона раздражающего действия, определяемая как отношение $ПК_{ост}$ к $ПК_p$.

Вышеперечисленные показатели позволяют разделить все вещества на 4 класса опасности:

1-й – вещества чрезвычайно опасные;

2-й – вещества высокоопасные;

3-й – вещества умеренно опасные;

4-й – вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 3.2.

3.2. Классы опасности вредных веществ

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15...150	151...5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100...500	501...2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500...5000	5001...50 000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300...30	29...3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0...18,0	18,1...54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0...5,0	4,9...2,5	Менее 2,5

3.3. МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА И ИХ ПУТИ ВЫВЕДЕНИЯ

Распределение. Во многом распределение ядов в организме определяется способностью химических веществ обратимо связываться с альбуминами плазмы, а также кровоснабжением органов и тканей, поскольку количество яда, поступившего к органу, зависит от его объемного кровотока, отнесенного к единице массы тканей. Важным условием распределения ядов является их способность по-разному растворяться в липидах и воде. В результате распределения яды могут накапливаться в определенных органах и тканях, т.е. оказывать избирательное действие. Коэффициентом избирательности распределения выражают отношение концентрации вещества в крови к концентрации вещества в органе или ткани. Для липидорастворимых веществ наибольшей емкостью обладают жировая ткань и органы, богатые липидами (например, костный мозг). Некоторые яды, главным образом трудно растворимые (например, тяжелые металлы), откладываясь в соединительной ткани, паренхиматозных органах, костях, образуют «депо». При этом могут создаваться условия, способствующие «мобилизации» ядов из депо и возможности рецидивов отравления.

Превращение. Поступившее в организм ядовитое вещество или сохраняется в неизменном виде, избирательно накапливаясь в тех или иных органах, или, нередко, в процессе взаимодействия с тканями подвергается различным превращениям (метаболизму). Процесс превращения (обезвреживания) ядов – один из защитных приспособительных механизмов. Продукты превращения ядовитых веществ, попавших в организм, называют метаболитами. Они могут приобретать большую активность, ядовитость, но чаще теряют эту активность, что приводит к их обезвреживанию.

В основе биотрансформации химических веществ лежат различные химические реакции (окисление, восстановление, гидролиз), в результате

которых происходит либо присоединение, либо отщепление различных групп: метильных, ацетильных, карбоксильных, гидроксильных, а также серы и серосодержащих радикалов. Эти реакции протекают при участии полиферментного комплекса гладкого эндоплазматического ретикулума клеток, связанного функционально с фосфолипидами микросомальных мембран, а также с помощью молекулярных механизмов, обеспечивающих метаболизм эндогенных соединений.

Многие ядовитые вещества теряют свою токсичность в результате реакции гидролиза (например, ФОС). Этот процесс может протекать в плазме крови, на клеточных мембранах, в микросомах. Его катализируют эстеразы. Как правило, под влиянием микросомальных ферментов происходит детоксикация ядов. Однако могут появиться и более токсичные метаболиты.

Некоторые химические вещества претерпевают превращения с образованием биологически активных свободных радикалов, органических перекисей, которые обладают токсическими свойствами. Ядовитые вещества или их метаболиты могут соединяться с легкодоступными эндогенными субстратами. Образуются сложные, менее токсичные вещества, которые, как правило, более полярны, легче растворяются в воде и быстрее выводятся из организма. Эти реакции называются конъюгацией. При этом во взаимодействие с ядами вступают такие соединения, как глюкуроновая кислота, цистеин, глицин, серная кислота.

Выделение. Основным путем выведения водорастворимых соединений являются почки, жирорастворимых – легкие.

Через почки с мочой выделяются растворимые в воде органические и неорганические соединения (алкалоиды, цианиды, этиленгликоль и др.), а также продукты метаболизма ядовитых веществ (роданистые соединения и др.), которые в процессе фильтрации сравнительно легко проникают через стенку капилляров и листка бауменово́й капсулы и почти не подвергаются реабсорбции в канальцах. В то же время вещества, хорошо растворимые в липидах, после

фильтрации в гломерулах могут снова всасываться в канальцах, что снижает количество выводимого яда. Процесс реабсорбции зависит от рН вещества и рН мочи. Изменяя рН мочи, можно влиять на скорость удаления химических веществ или их метаболитов.

Через легкие могут выделяться с выдыхаемым воздухом различные летучие ядовитые вещества, не изменяющиеся в организме или подвергающиеся медленным превращениям. Это самый скорый путь выделения. Именно таким образом удаляются из организма углеводороды, монооксид углерода, синильная кислота и другие яды. При этом большая альвеолярная поверхность является как бы диффузионной мембраной. Распределение газа и пара между воздухом в альвеолах и кровью в легочных капиллярах происходит очень быстро, и этот процесс определяется коэффициентом растворимости газа или пара в крови. Естественно, что наиболее быстро будут выделяться из крови в альвеолярный воздух газы (пары), отличающиеся малым коэффициентом растворимости.

Через желудочно-кишечный тракт выделяются плохо растворимые или не растворимые в воде ядовитые вещества (например, соединения тяжелых металлов). Этот процесс выделения осуществляется главным образом через слизистую желудка и особенно тонкого и толстого кишечника. Некоторые яды могут выделяться и в полость рта (например, соединения ртути, свинца).

Определение ядов в различных биосубстратах (моча, кал, кровь) имеет большое значение для диагностики отравлений. Закономерности выделения ядов из организма используют и при терапии. Зная, например, что тот или иной яд выделяется через органы дыхания, мы можем стимулировать этот процесс, увеличивая объем дыхания. Для ускорения выведения ядов, выделяющихся преимущественно с мочой и калом, с успехом применяют мочегонные и слабительные. В процессе выведения яды могут также оказывать токсическое действие на различные органы (печень, почки), что требует проведения соответствующих защитных мероприятий.

МЕСТНОЕ, РЕФЛЕКТОРНОЕ И РЕЗОРБТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДОВ НА ОРГАНИЗМ

В зависимости от физико-химических свойств, путей поступления, метаболизма в организме, избирательности яды могут оказывать преимущественно местное, рефлекторное или резорбтивное действие. Однако в практике чаще всего встречаются все варианты действия ядовитых веществ.

Поражения на месте контакта с ядовитым веществом могут появляться при попадании на кожу, слизистые оболочки дыхательных путей, пищеварительного тракта и глаз неорганических сильных кислот и щелочей, некоторых ОВ (кожно-нарывного, удушающего, раздражающего действия). При оценке местного действия ядовитых веществ нередко используют такие определения, как раздражение, ожог и воспаление, характеризующие биологические реакции, интенсивность и выраженность которых зависят как от контактирующей ткани, так и от свойств ядовитого вещества.

Однако ядовитое вещество может не только повреждать ту ткань, с которой непосредственно взаимодействует, но и вызывать нарушения далеко за пределами ее как в результате всасывания и распространения по организму (резорбтивное действие), так и при раздражении чувствительных нервных окончаний (рефлекторное действие).

Многие ядовитые вещества, обладающие раздражающим действием (раздражающие и слезоточивые ОВ, удушающие ОВ и др.), специфически влияют на рецепторы, воспринимающие действие химических раздражителей (хемотрепторы). Рефлексы с хемотрепторов оказывают влияние на активность дыхательного центра, сердечную деятельность, тонус кровеносных сосудов, химический и морфологический состав крови, функцию органов внутренней секреции. В результате рефлекторного действия могут возникать ответные реакции в виде чихания, кашля, слезотечения, рвоты, а также изменения кровяного давления, частоты пульса и дыхания.

Подавляющее большинство ядовитых веществ (ОВ нервно-паралитического действия, ОВ кожно-нарывного действия, ОВ обще-ядовитого действия, ОВ психотомиметического действия, спирты, хлорированные углеводороды и другие яды) проявляют свое токсическое действие в результате резорбции. При этом на месте всасывания яда эффект может оказаться практически незаметным. В то же время наблюдаются нарушения физиологических функций различных систем либо морфологические изменения в разных органах обратимого или необратимого характера. Наиболее часто вследствие резорбции ядов нарушаются функции центральной нервной системы, дыхания и кровообращения, кроветворения, пищеварения и выделения, обмена веществ в организме.

В условиях целостного организма яды, оказывающие преимущественно местное действие, в той или иной степени вызывают и общие нарушения в организме. В свою очередь яды, из-за резорбции которых нарушается общее состояние организма (нарушение функции центральной нервной системы, обмена и т.д.), оказывают значительное влияние и на течение местных процессов.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ЯДОВ

В механизме токсического действия большое значение имеет первичное нарушение гомеостаза, т.е. выявление специфичности действия того или иного химического соединения на рецепторы. При этом термин «клеточный рецептор» обозначает чувствительные элементы клетки, взаимодействие с которыми определенного вещества вызывает цепь физико-химических и ферментативных процессов, приводящих в конечном итоге к определенному эффекту на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях (С. Н. Голиков, 1980).

Учитывая специфичность и избирательность в действии того или иного токсического вещества, следует отметить и возможность универсальности токсических эффектов, что определяется нарушением фундаментальных биохими-

ческих процессов в организме, повреждение которых лежит в основе биологического действия химических веществ. Тиунов Л. А. (1980) рассматривает при этом следующие структурно-метаболические комплексы:

- 1 – связанный с процессами синтеза белка;
- 2 – митохондриальный, связанный с процессами биоэнергетики;
- 3 – эндоплазматического ретикулума, связанный с метаболизмом ксенобиотиков;
- 4 – лизосомальный, связанный с процессами катаболизма;
- 5 – медиаторный, связанный с передачей нервных импульсов.

Токсическое действие путем повреждения синтеза белка проявляют многие яды (например, иприты). Для них характерна высокая степень избирательности в нарушении той или иной стадии синтеза белка.

Универсальный характер биологического окисления и фосфорилирования, единство функциональной и морфологической организации этих процессов определяют принципиальную общность механизмов токсического действия ядов-ингибиторов тканевого дыхания (например, цианидов).

Токсическое действие ряда веществ (например, сульфгидрильных ядов) проявляется через систему многоцелевых оксидаз, катализирующих реакции биотрансформации ксенобиотиков и некоторых эндогенных соединений.

Известны яды (например, змей, насекомых), избирательно повреждающие мембрану лизосом и способствующие выходу из этих внутриклеточных образований ферментов катаболизма.

Нарушение функции передачи нервных импульсов под влиянием различных токсических веществ характерно для действия ФОС, психотомиметиков и других ядов.

Установлено, что большинство ядов реализуют свое токсическое действие путем вмешательства в процессы обмена на тканевом или клеточном уровне, как правило, благодаря торможению активности ферментов, катализирующих различные этапы обмена.

Разнообразные варианты в действии ядов на ферментативные системы позволили некоторым авторам (А. А. Покровский, Л. А. Тиунов) предложить классификацию ядов, основанную на их антиферментном действии (табл. 3.3).

3.3. Механизм взаимодействия ядов с ферментами

№ группы	Характер взаимодействия яда с ферментной системой	Примеры
1	Яды – структурные аналоги субстрата	ФОВ
2	Яды – субстраты действия ферментов	Перекись водорода, алифатические амины
3	Яды, воздействующие на металл протетических групп фермента	Цианиды, нитрилы, сероуглерод
4	Яды, воздействующие на синтез протетических групп	Гидразины
5	Яды – структурные аналоги коэнзимов	Антивитамины
6	Яды, взаимодействующие с существенными группировками ферментов	Сульфгидрильные яды: мышьяковистые соединения, соединения тяжелых металлов, алкилирующие вещества (иприты и др.)
7	Яды, воздействующие на белковую часть фермента	Ингибиторы синтеза белка, аналоги аминокислот
8	Яды, блокирующие активатор, необходимый для функционирования ферментной системы	Хелаты
9	Яды, действующие по принципу летального синтеза	Фторацетат, метанол, этиленгликоль
10	Яды, повреждающие внутриклеточные структуры	Органические перекиси, ароматические нитропроизводные, фунгициды
11	Яды – ингибиторы свободнорадикальных реакций	Фенолы
12	Яды, обладающие ферментативной активностью	Яды змей
13	Яды, избирательно действующие на эндокринные железы, нарушающие гормональную регуляцию ферментативной активности	Тиомочевина, пропилтиоурацил

При рассмотрении механизма действия токсических веществ необходимо учитывать прочность связи яда с «рецептором». Установлено, что большинство известных токсических веществ взаимодействуют с «рецепторами» за счет лабильных, легко разрушающихся связей (ионных, водородных и др.), что позволяет их успешно «отмывать» и удалять из организма.

К токсическим веществам, способным образовывать прочные, ковалентные связи, относятся препараты мышьяка, ртути, сурьмы, а также азотистые иприты и ФОВ. Ковалентные связи, хотя и достаточно прочны, при определенных условиях могут быть разрушены, что и реализуется при лечении интоксикаций.

Токсичность проявляется и может быть изучена только в процессе взаимодействия химического вещества и биологической среды (клетки, изолированного органа, организма, популяции).

Формирование и развитие реакций биосистемы на действие токсиканта, приводящих к ее повреждению (т.е. нарушению ее функций, жизнеспособности) или гибели, называется токсическим процессом.

Механизмы формирования и развития токсического процесса, его качественные и количественные характеристики прежде всего определяются строением вещества и его действующей дозой.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Формы, в которых токсический процесс проявляется, несомненно, зависят также от вида биологического объекта, его свойств.

Внешние, регистрируемые признаки называются проявлениями токсического процесса. Интоксикация – основная и наиболее изученная, однако далеко не единственная форма. Глубокое понимание множественности форм проявлений токсического процесса современным врачом совершенно необходимо для:

– правильной организации изучения токсичности новых химических веществ и интерпретации получаемых результатов;

– выявления пагубных последствий действия токсикантов на человека и окружающую природу;

– планирования и проведения мероприятий по санации выявленных очагов химической опасности для отдельного человека, коллективов, населения в целом.

Проявления токсического процесса, прежде всего, определяются уровнем организации биологического объекта, на котором токсичность вещества (или последствия его токсического действия) изучается:

- клеточным;
- органным;
- организменным;
- популяционным.

Если токсический эффект изучают *на уровне клетки* (как правило, в опытах *in vitro*), то судят о цитотоксичности вещества. Цитотоксичность выявляется при непосредственном действии соединения на структурные элементы клетки. На практике к изучению цитотоксичности прибегают при использовании культур клеток для оценки свойств новых веществ в опытах *in vitro* и исследования механизмов их токсического действия; для выявления токсикантов в объектах окружающей среды (биотестирование) и т.д.

Токсический процесс на клеточном уровне проявляется:

- обратимыми структурно-функциональными изменениями клетки (изменение формы, сродства к красителям, количества органелл и т.д.);
- преждевременной гибелью клетки (некроз, апоптоз);
- мутациями (генотоксичность).

Если в процессе изучения токсических свойств веществ исследуют их повреждающее действие *на отдельные органы и системы*, выносится суждение об органной токсичности соединений. В результате таких исследований регистрируют проявления гепатотоксичности, гематотоксичности, нефротоксичности и т.д., т.е. способности вещества, действуя на организм, вызывать пораже-

ние того или иного органа (системы). Органотоксичность оценивают и исследуют прежде всего в процессе изучения свойств (биологической активности, вредного действия) новых химических веществ, а также в процессе диагностики заболеваний, вызванных химическими веществами.

Токсический процесс со стороны органа или системы проявляется:

– функциональными реакциями (миоз, спазм гортани, одышка, кратковременное падение артериального давления, учащение сердечного ритма, нейтрофильный лейкоцитоз и т.д.);

– заболеваниями органа (как установлено, различные вещества, при соответствующих условиях, способны инициировать самые разные виды патологических процессов);

– неопластическими процессами.

Токсическое действие веществ, регистрируемое *на популяционном и биогеоэкологическом уровне*, может быть обозначено как экотоксическое. Экотоксическое действие, как правило, исследуют врачи-профилактики либо в порядке текущего планового надзора, либо в процессе заданных исследований.

Экотоксичность на уровне популяции проявляется:

– ростом заболеваемости, смертности, числа врожденных дефектов развития, уменьшением рождаемости;

– нарушением демографических характеристик популяции (соотношение возрастов, полов и т.д.);

– падением средней продолжительности жизни членов популяции, их культурной деградацией.

Особый интерес для врача представляют формы токсического процесса, выявляемые *на уровне целостного организма*. Они также множественны и могут быть классифицированы следующим образом:

– *интоксикации* – болезни химической этиологии;

– *транзиторные токсические реакции* – быстро проходящие, не угрожающие здоровью состояния, сопровождающиеся временным нарушением дееспособности (например, раздражение слизистых оболочек);

– *аллобиотические состояния* – наступающее при воздействии химического фактора изменение чувствительности организма к инфекционным, химическим, лучевым, другим физическим воздействиям и психогенным нагрузкам (иммуносупрессия, аллергизация, толерантность к веществу, астения и т.д.);

– *специальные токсические процессы* – беспороговые, имеющие продолжительный скрытый период, развивающиеся у части экспонированной популяции при действии химических веществ, как правило, в сочетании с дополнительными факторами (например, канцерогенез).

3.4. ОТРАВЛЕНИЯ.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОТРАВЛЕНИЯ

Из всех форм проявления токсического процесса наиболее изученной и значимой для врача является интоксикация. Механизмы формирования и особенности течения интоксикаций зависят от строения ядов, их доз, условий взаимодействия с организмом и т.д. Однако можно выделить некоторые общие характеристики этой формы токсического процесса.

1. *В зависимости от продолжительности взаимодействия* химического вещества и организма интоксикации могут быть острыми, подострыми и хроническими.

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 (интермиттирующего) действия токсиканта продолжительностью до 90 сут.

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

Не следует путать понятие острой, подострой, хронической интоксикации с острым, подострым, хроническим течением заболевания, развившегося в результате контакта с веществом. Острая интоксикация некоторыми веществами (иприты, люизит, диоксины, галогенированные бензофураны, паракват и др.) может сопровождаться развитием длительно текущего (хронического) патологического процесса.

2. Периоды интоксикации

Как правило, в течение любой интоксикации можно выделить четыре основных периода: период контакта с веществом, скрытый период, период разгара заболевания, период выздоровления. Иногда особо выделяют период осложнений. Выраженность и продолжительность каждого из периодов зависят от вида и свойств вещества, вызвавшего интоксикацию, его дозы и условий взаимодействия с организмом.

Период начальных проявлений характеризуется совокупностью ответных реакций организма при контакте с ядовитыми веществами. Наиболее ярко он выражен при действии веществ, обладающих раздражающими свойствами (например, ОВ раздражающего действия, ОВ слезоточивого действия, кислоты).

Если основные проявления интоксикации наблюдаются не сразу после контакта с ядом (например, через несколько минут – при действии ФОВ, через несколько часов – при действии ипритов), этот период называют скрытым.

Период выраженных клинических проявлений характеризуется нарушением функций различных систем организма (центральной нервной системы, дыхания, кровообращения и т.д.), степень выраженности которых и продолжительность зависят от вида ядовитого вещества и количества яда, попавшего в организм.

Если на высоте развития клиники отравления смертельный исход не наступает и удается обезвредить действие яда в организме, восстановить нарушенные функции, наступает период выздоровления.

3. *В зависимости от локализации* патологического процесса проявления интоксикации могут быть местными и общими.

Местными называются проявления, при которых патологический процесс развивается непосредственно на месте аппликации яда. Возможно местное поражение глаз, участков кожи, дыхательных путей и легких, различных областей желудочно-кишечного тракта. Местное действие может проявляться альтерацией тканей (формирование воспалительно-некротических изменений – действие кислот и щелочей на кожные покровы и слизистые оболочки; ипритов, люизита на глаза, кожу, слизистые оболочки желудочнокишечного тракта, легкие и т.д.) и функциональными реакциями (сужение зрачка при действии фосфорорганических соединений на орган зрения).

Общими называются проявления, при которых в патологический процесс вовлекаются многие органы и системы организма, в том числе удаленные от места аппликации токсиканта. Причинами общей интоксикации, как правило, являются: резорбция токсиканта во внутренние среды, резорбция продуктов распада пораженных покровных тканей, рефлекторные механизмы.

Если какой-либо орган или система имеет низкий порог чувствительности к токсиканту в сравнении с другими органами, то при определенных дозовых воздействиях возможно избирательное поражение именно этого органа или системы. Вещества, к которым порог чувствительности того или иного органа или системы значительно ниже, чем других органов, иногда обозначают как избирательно действующие. В этой связи используют такие термины, как нейротоксиканты (например, норборнан), нефротоксиканты (соли ртути), гепатотоксиканты (четырёххлористый углерод), гематотоксиканты (мышьяковистый водород), пульмонотоксиканты (фосген) и т.д. Такое действие развивается

крайне редко, как правило, при отравлениях чрезвычайно токсичными веществами (например, ботулотоксином, тетродотоксином, аманитином и т.д.). Чаще общее действие ксенобиотика сопровождается развитием патологических процессов со стороны нескольких органов и систем (например, хроническое отравление мышьяком сопровождается поражением нервной системы, кожи, легких, системы крови).

В большинстве случаев отравления носят смешанный характер и сопровождаются признаками как местного, так и общего плана.

4. *В зависимости от интенсивности воздействия* токсиканта (характеристика, определяющаяся дозозависимыми особенностями действия) интоксикация может быть тяжелой, средней степени тяжести и легкой.

Тяжелая интоксикация – состояние, угрожающее жизни. Крайняя форма тяжелой интоксикации – смертельное отравление.

Интоксикация средней степени тяжести – болезнь, при которой возможно длительное течение, развитие осложнений, необратимые повреждения органов и систем, приводящие к инвалидизации или обезображиванию пострадавшего.

Легкая интоксикация заканчивается полным выздоровлением в течение нескольких суток.

ТРАНЗИТОРНЫЕ ТОКСИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Транзиторные токсические реакции наиболее часто развиваются вследствие раздражающего и седативно-гипнотического действия токсикантов.

Явления раздражения слизистой оболочки дыхательных путей, глаз, кожи отмечаются при остром воздействии многих веществ – альдегидов, кетонов, галогенов и т.д. Не являясь заболеванием, это состояние тем не менее обращает на себя внимание, поскольку субъективно тяжело воспринимается пострадавшим, нарушает профессиональную работоспособность.

При действии наркотических средств, многих лекарств, органических растворителей, некоторых пищевых продуктов (спирт) в малых дозах проявляется их седативно-гипнотическое действие (опьянение).

Транзиторные токсические реакции могут стать следствием только острого действия химических веществ. Увеличение действующей дозы токсиканта приводит к превращению реакции в болезнь (контакт с раздражающими веществами может привести к токсическому отеку легких, сенсibilизации покровных тканей и развитию реактивной дисфункции дыхательных путей, а простое бытовое опьянение перерастает в кому). Токсические реакции могут привести пострадавшего к гибели, не успев стать болезнью (рефлекторная смерть от остановки сердечной деятельности и дыхания при ингаляции аммиака).

АЛЛОБИОЗ

К числу аллобиотических состояний можно отнести:

- 1) иммуносупрессию и, как следствие, повышение чувствительности к инфекции;
- 2) аллергизацию организма и повышение чувствительности к различным веществам;
- 3) фотосенсibilизацию покровных тканей;
- 4) изменение чувствительности к лекарствам и наркотикам при их длительном приеме (привыкание, зависимость, толерантность);
- 5) постинтоксикационные астении;
- 6) «доклинические» формы патологии и др.

Аллобиотические состояния могут развиваться в результате острых, подострых и хронических воздействий, быть этапом на пути развития интоксикации (субклинические формы патологии различных органов и систем), последствием перенесенного отравления (остаточные явления) и, наконец, самостоятельной формой токсического процесса.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТОКСИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Специальные токсические процессы могут сформироваться как результат острого, подострого, но чаще – хронического воздействия веществ. К числу специальных форм токсического процесса следует отнести, прежде всего, химический канцерогенез, тератогенез, нарушение репродуктивных функций и т.д.

К канцерогенам в настоящее время причисляют любое вещество, которое ускоряет развитие опухолей или увеличивает частоту появления новообразований в популяции. Скрытый период от момента действия канцерогена до появления опухоли порой составляет десятки лет. По современным представлениям, следует выделять генетические и эпигенетические механизмы химического канцерогенеза. Вещества, действующие на геном клетки, называются «генотоксическими агентами»; вещества, провоцирующие опухолевый рост через иные механизмы, – «эпигенетическими агентами». К числу эпигенетических эффектов следует отнести повреждение механизмов генной экспрессии, иммуносупрессию, нарушение гормонального баланса и др. В материалах, опубликованных Международной ассоциацией исследований рака (МАИР), содержится указание на более чем 60 вероятных и 150 возможных веществ, факторов и производств, контакт с которыми сопряжен с реальным риском развития новообразований.

Тератогенным называется действие химического вещества на организм матери, отца или плода, сопровождающееся существенным увеличением вероятности появления структурно-функциональных нарушений у потомства. Вещества, обладающие тератогенной активностью, называются тератогенами. Существует представление, согласно которому практически любое химическое вещество, введенное в организм матери в тот или иной период беременности в достаточно большой дозе, может вызывать тератогенез. Поэтому тератогенами в узком смысле слова следует называть лишь токсиканты, вызывающие

эффект в концентрациях, не оказывающих заметного действия на организм родителей. Последствия тератогенного действия вещества порой выявляются лишь при достижении ребенком определенного возраста (периода половой зрелости, полного умственного развития и т.д.), т.е. через много лет после контакта родителей с веществом.

В соответствии с иным классификационным признаком токсические процессы, выявляемые на уровне целостного организма, можно отнести к одной из следующих групп:

А. Процессы, формирующиеся по пороговому принципу.

Характеризуются следующими особенностями:

– причинно-следственная связь между фактом действия вещества и развитием процесса носит безусловный характер: при действии веществ в дозах ниже определенных уровней токсический процесс не развивается; при достижении определенной дозы процесс развивается непременно;

– зависимость «доза–эффект» прослеживается на уровне каждого отдельного организма, при этом чем больше доза, тем более выражены проявления токсического процесса.

К этой группе относятся: интоксикации, транзиторные токсические реакции, некоторые аллобиотические состояния.

Б. Процессы, развивающиеся по беспороговому принципу.

Характеризуются следующими особенностями:

– причинно-следственные связи между фактом действия вещества и развитием процесса носят вероятностный характер: вероятность формирования эффекта сохраняется при действии на организм даже одной молекулы токсиканта, вместе с тем у отдельных экспонированных организмов процесс может не развиваться, несмотря на воздействие в дозах, близких к смертельным;

– дозовая зависимость выраженности повреждающего действия, как правило, прослеживается на уровне популяции: чем больше доза, тем у большей части особей испытываемой (исследуемой) группы регистрируется эффект.

К таким токсическим процессам относятся некоторые аллобиотические состояния, специальные токсические процессы – канцерогенез, тератогенез, отчасти нарушение репродуктивных функций и т.д.

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ОТРАВЛЕНИЯ

ОТРАВЛЕНИЕ – аномальные процессы, формирующиеся вследствие воздействия на человека или животного экзогенно попавших в организм химических веществ, способных вызвать нарушения различных физиологических функций и создать опасность для жизни. Отравления следует отличать от эндогенной (при недостаточности функции почек, печени) и инфекционной интоксикации. При пищевых отравлениях первые симптомы появляются через 2 – 6 часов (реже через 12 – 14 часов) после употребления недоброкачественного продукта. Вначале отмечаются сухость во рту, жажда, схваткообразная боль в животе. Она носит разлитой характер, но более выражена в надчревной или околопупочной области. Одновременно с болью в животе появляются тошнота, рвота и диарея. Живот мягкий, вздут, иногда ощущается урчание. Рвота наблюдается у 80% пострадавших. Вначале она обильная, затем становится скудной. Диарея развивается у 93–95% пострадавших. Стул жидкий, но не очень водянистый, чаще кашицеобразный, обильный, иногда зловонный, измененного цвета (цвета «болотной тины»), с небольшим содержанием слизи. Рвота и дефекация приносят временное облегчение, так как со рвотными и каловыми массами из организма удаляются микробы и токсины. Вместе с тем рвота и понос ведут к обезвоживанию организма.

При всех острых отравлениях неотложная помощь должна преследовать следующие цели:

- 1) максимально быстрое выведение яда из организма;
- 2) обезвреживание остающегося в организме яда с помощью противоядий (антидотов);
- 3) борьба с обезвоживанием, нарушениями дыхания и кровообращения.

Характер отравления может быть самым разным. Универсальных же противоядий для оказания первой помощи практически нет, или они как на грех не оказываются в нужный момент под рукой. И все же некоторые основные навыки можно усвоить. При малейших подозрениях на отравление в первую очередь, разумеется, вызывайте «скорую помощь». Пострадавшего надо тем временем уложить на кровать, даже если он будет чувствовать себя сносно. Если по тем или иным причинам его нужно доставить в другое место, надо воспользоваться носилками или переносить на руках. При физическом напряжении яд всасывается в организм быстрее, и вероятность осложнений, в частности, отека легких и мозга, возрастает. Первая помощь пострадавшим от отравления должна быть оказана как можно раньше, так как при острых отравлениях возможно очень быстрое нарушение дыхания и кровообращения. Своевременно оказанная первая помощь часто предотвращает возможность летального исхода. При попадании ядов на кожные покровы тела нужно быстро убрать их с поверхности кожи с помощью ватного или марлевого тампона, хорошо обмыть кожу теплой мыльной водой или слабым раствором пищевой соды. При отравлении ядовитыми веществами через дыхательные пути необходимо вывести пострадавшего на свежий воздух, освободить его от затрудняющей дыхание одежды. Затем надо прополоскать рот и горло слабым раствором питьевой соды. В случае необходимости нужно сделать пострадавшему искусственное дыхание, а в очень тяжелых случаях произвести закрытый массаж сердца. До приезда врача пострадавшего необходимо уложить в постель, тепло его укутать. Если ядовитое вещество попало в глаза, то необходимо как можно быстрее промыть их струей воды, причем процедуру производить в течение довольно длительного времени – 20 – 30 минут. После промывания на поврежденный глаз нужно наложить чистую повязку и незамедлительно обратиться к врачу.

При отравлении угарным газом (окисью углерода) пострадавшего необходимо немедленно вывести на чистый воздух, на голову и грудь наложить холодный компресс, дать выпить крепкий чай или кофе. При ослабленном дыхании произвести искусственное дыхание.

Труднее удалять яд, который уже попал в желудок. Основным способом в этом случае – промывание зондом. Однако это может сделать лишь врач. До прибытия «скорой помощи» нужно помочь пострадавшему промыть желудок, вызвав рвоту. Заставьте его выпить 3–4 стакана воды с солью или с сухой горчицей (2 – 4 чайные ложки соли или 2 чайные ложки сухой горчицы на стакан). Процедуру следует по возможности периодически повторять, чтобы как можно лучше промыть желудок. При отравлении лекарствами или ядовитыми растениями промывать желудок лучше всего раствором марганцовки. Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы в воде, приготовленной для промывания, остались нерастворенные фиолетовые кристаллики марганцевокислого калия. Если они попадут в желудок, то сами вызовут сильнейший ожог. Крепкий раствор марганцовки фильтруют через марлю, а уже затем разводят до получения 0,01-0,1% раствора (слабо-розовая окраска, едва заметная через стенку банки). Марганцевокислый калий окисляет яды и в какой-то мере обезвреживает их.

При отравлении фосфор-органическими веществами или метиловым спиртом для промывания желудка используют раствор пищевой соды. Нужно помнить, что нельзя вызывать рвоту при отравлении едкими веществами. При обратном движении по пищеводу прижигающая жидкость еще раз травмирует слизистую оболочку и может произойти отек гортани. Рвоту нельзя вызывать и у потерявших сознание. Если же это случилось самопроизвольно, нужно следить, чтобы пострадавший не вдохнул рвотные массы. Его поворачивают на живот или на бок и свешивают голову вниз, поддерживая рукой.

При отравлении прижигающими жидкостями (уксусная эссенция, кислоты, нашатырный спирт, каустическая сода и другие щелочи, перманганат калия, скипидар, бензин и т.п.) пострадавшему дают выпить разболтанные в воде яичные белки – 12 штук на литр холодной воды.

При отравлении кислотами, в частности уксусной, ни в коем случае нельзя давать пить содовый раствор. В результате реакции между кислотой и содой

образуются газы, которые могут разорвать поврежденный желудок. После промывания желудка нужно принять активированный уголь.

При отравлении прижигающими ядами берут 40...80 граммов порошка, т.е. 2 – 4 столовые ложки угля, разведенного в 100...200 миллилитрах воды. Если же активированный уголь в виде таблеток, их надо предварительно растолочь. Это вещество хорошо связывает многие яды и лекарства. Уже доза в 10 граммов полностью инактивирует смертельную дозу снотворного или аспирина. Нейтрализуется углем и алкоголь. К сожалению, пища, содержащаяся в желудке, резко снижает действие угля, поэтому его и рекомендуют принимать после промывания. Чай, как известно, содержит возбуждающие вещества, кофеин и теofilлин, поэтому его обязательно нужно дать выпить отравившимся веществами, угнетающими центральную нервную систему (алкоголь, снотворные, а также всякого рода успокаивающие средства).

При большинстве видов отравлений полезно положить на голову пузырь со льдом. Это уменьшает влияние яда на мозг и устраняет болезненное возбуждение. Измерьте температуру тела пострадавшего. При отравлении веществами, вызывающими паралич и потерю сознания, температура обычно падает. В этом случае пострадавшего тепло укутывают и обкладывают грелками. Однако встречаются и такие отравления, особенно у детей, при которых температура повышается. В этом случае лед кладут на паховые области, где близко к коже проходят крупные сосуды, дают пить холодную воду, ставят холодные клизмы. Допускать повышения температуры тела выше 38 градусов нельзя, так как состояние может резко ухудшиться.

Бытует мнение, что молоко – эффективное противоядие при любом отравлении. Действительно, при отравлении солями тяжелых металлов (свинца, кобальта, меди, ртути и др.) молоко служит противоядием. Однако при большинстве бытовых отравлений оно лишь ухудшает положение. Дело в том, что многие яды хорошо растворяются в жирах, а следовательно, и в молоке. Всасывание яда из такого раствора происходит быстрее. Особенно опасно молоко при

отравлении фосфорорганическими ядами, бензином, дихлорэтаном и другими органическими растворителями. Вместе с тем при ожоге кислотами молоко может облегчить положение. Но поскольку трудно удержать в голове, когда можно, а когда нельзя использовать молоко как противоядие, лучше от него отказаться совсем.

При отравлении хлором пострадавшего необходимо:

- немедленно вывести на свежий воздух;
- плотнее укрыть и дать подышать парами воды или аэрозолем 0,5% раствора пищевой соды в течение 15 минут. Нельзя позволять пострадавшему передвигаться самостоятельно. Транспортировать его можно только в лежачем положении. При возникновении необходимости – сделать искусственное дыхание способом «рот в рот».

При отравлении аммиаком пострадавшего необходимо:

- немедленно вынести на свежий воздух;
- обеспечить покой;
- тепло укрыть;
- дать увлажненный кислород.

Транспортировать пострадавшего необходимо в лежачем положении. При отеке легких искусственное дыхание делать нельзя! При ртутных отравлениях необходимо дать пострадавшему:

- желудочный уголь;
- сырой яичный белок;

После этого пострадавшего немедленно транспортируют в лечебное учреждение.

4. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

4.1. СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ. ЗАБОЛЕВАНИЯ (ОСТРЫЕ ОТРАВЛЕНИЯ, ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ, ХРОНИЧЕСКИЕ ИНТОКСИКАЦИИ), СВЯЗАННЫЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Уровень здоровья работающего населения является одним из объектов концепции национальной безопасности, в которой прописаны пути его стабилизации и укрепления. В последние годы отмечается ухудшение состояния здоровья населения Российской Федерации всех возрастных групп, в том числе и трудоспособного. Повышение количества профессиональных заболеваний становится причиной недостатка квалифицированных рабочих кадров, и в первую очередь для тех производств, где существуют ограничения при приеме на работу по состоянию здоровья. Сохранение трудового потенциала для нужд российской промышленности из-за уменьшения численности детского населения и продолжающегося снижения показателей здоровья детей и подростков становится крайне актуальной и серьезной проблемой.

По данным Росстата, удельный вес работников, занятых во вредных условиях труда, в период с 2007 по 2012 гг. вырос с 24,9 до 31,8%, а по утверждению директора Департамента условий и охраны труда Минтруда России В. Коржа, 52% россиян в 2013 г. работали во вредных условиях – практически каждый второй работник в Российской Федерации. Наиболее распространенные негативные факторы, под воздействием которых находятся служащие: шум, ультразвук и инфразвук; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; вибрации; неионизирующее и ионизирующее излучения.

Увеличение доли работающих во вредных условиях труда по различным отраслям экономики представлено на рис. 4.1.

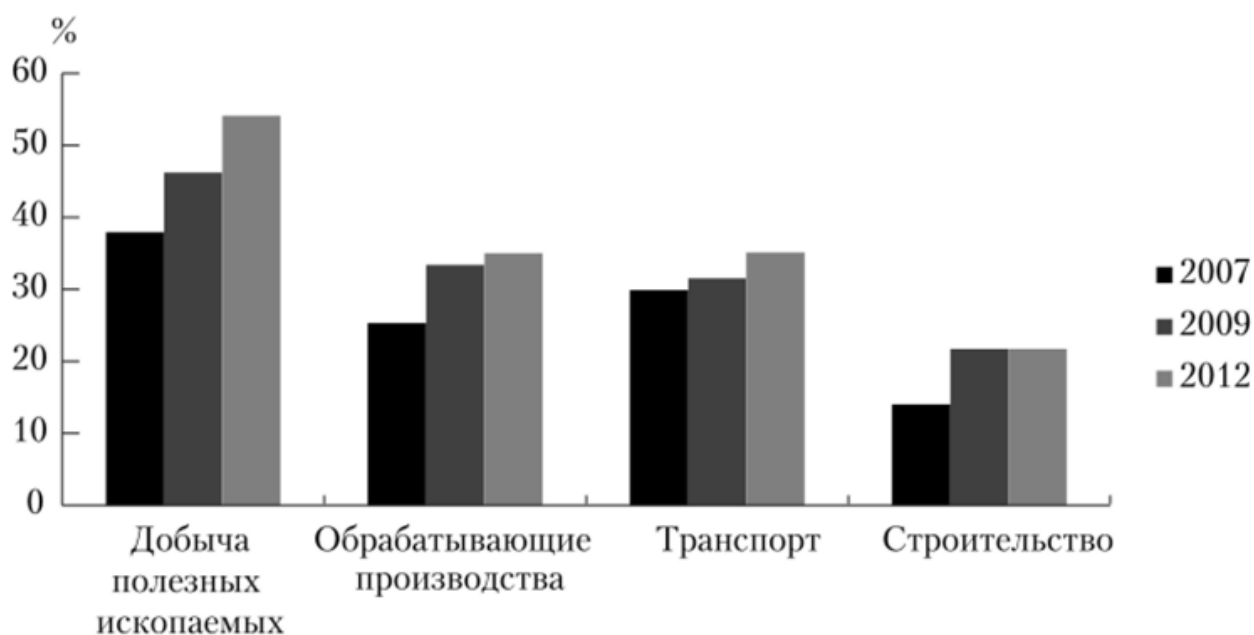


Рис. 4.1. Увеличение доли работающих во вредных условиях труда

В 2012 году по данным Фонда социального страхования РФ более 56 тыс. работников получили производственные травмы, из них, по данным Роструда, 2999 человек в результате полученных травм погибли.

Анализ случаев производственного травматизма показывает, что наибольшее количество травмированных в 2012 г. было зарегистрировано в таких видах экономической деятельности, как обрабатывающие производства, транспорт, сельское хозяйство, строительство, добыча полезных ископаемых. В структуре несчастных случаев с тяжелыми последствиями преобладают падения пострадавших с высоты, травмы в результате воздействия движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и механизмов; транспортные происшествия; повреждения, полученные в результате падения, обрушения, обвалов предметов, материалов.

В настоящее время в Российской Федерации насчитывается около 177 тыс. работников, страдающих различными формами профессиональных заболеваний. При этом численность вновь заболевших на производстве ежегодно составляет 6 – 8 тыс. человек.

Чаще всего диагноз профессионального заболевания ставится на обрабатывающих производствах, предприятиях по добыче полезных ископаемых и транспорте.

Среди причин, вызывающих профессиональную патологию, лидирующую роль играют неудовлетворительные условия труда, которые в ряде видов экономической деятельности являются вредными на каждом втором рабочем месте (например, добыча каменного угля, бурого угля и торфа – 76,0% рабочих мест; металлургическое производство – 62,4% рабочих мест; добыча металлических руд – 52,0% рабочих мест).

Одной из существенных проблем является выявление профессиональных заболеваний на поздних стадиях, когда работник уже стал инвалидом и по объективным причинам не может продолжать работу по профессии, а нередко теряет и общую трудоспособность.

В соответствии со ст. 14 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27 апреля 2012 г. № 417н (зарегистрирован в Минюсте России 15 мая 2012 г.) «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» утвержден перечень профессиональных заболеваний, которые распределены по следующим основным группам:

1. Заболевания (острые отравления, их последствия, хронические интоксикации), связанные с воздействием производственных химических факторов. Всего 138 заболеваний.

2. Заболевания, их последствия, связанные с воздействием производственных физических факторов. Всего 34 заболевания.

3. Заболевания, связанные с воздействием производственных биологических факторов. Всего 14 заболеваний.

4. Заболевания, связанные с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем. Всего 29 заболеваний.

В список вошли заболевания, вызываемые химическими, биологическими и физическими производственными факторами, а также связанные с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем.

По каждому из них определены коды по Международной классификации болезней десятого пересмотра (МКБ-10), вредный (опасный) производственный фактор, код внешней причины заболевания по МКБ-10.

Указанный перечень может быть использован при установлении диагноза, его связи с выполняемой работой или профессией, при решении вопросов о возмещении ущерба, причиненного повреждением здоровья, и др.

Различают также острые и хронические профессиональные заболевания. Острое профессиональное заболевание (интоксикация) возникает внезапно, после однократного (в течение не более одной рабочей смены) воздействия относительно высоких концентраций химических веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны, а также уровней и доз других неблагоприятных факторов. Все вредные и опасные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы» классифицируются на четыре основные группы (рис. 4.2).

Хроническое профессиональное заболевание возникает в результате длительного систематического воздействия на организм неблагоприятных факторов.

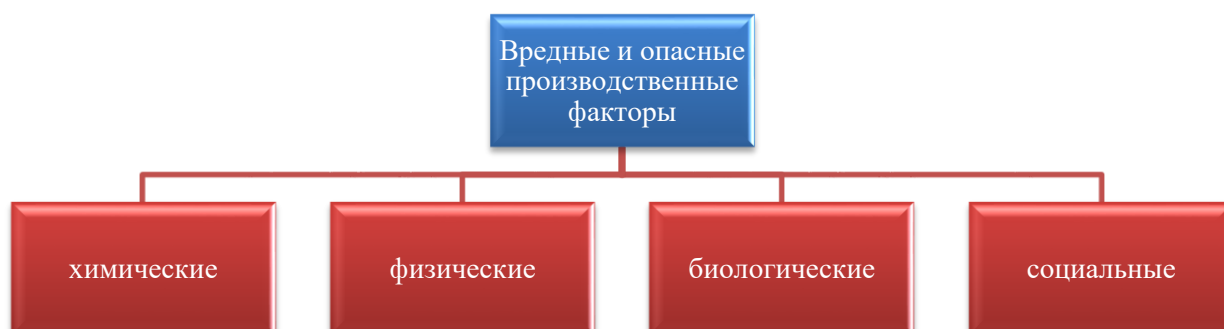


Рис. 4.2. Классификация вредных и опасных производственных факторов

Начало заболевания во многих случаях представляет собой не мгновенный акт, а процесс, растягивающийся во времени и складывающийся из постоянного суммирования незначительных неполадок, временно исчезающих, а затем возникающих вновь. Именно такое действие, скорее всего, оказывают на внутриклеточные структуры различные токсические вещества, облучение, влияющие в малых (подпороговых) дозах, но длительное время.

Некоторые профессиональные болезни, например, силикоз, бериллиоз, асбестоз, папиллома мочевого пузыря, могут выявляться через много лет после прекращения контакта с производственными вредностями.

При изучении профессионального анамнеза врачу необходимо установить профессии на протяжении всей трудовой деятельности (профмаршрут), обращая внимание на общий трудовой стаж, стаж работы во вредных условиях труда и санитарно-гигиенические показатели условий труда.

В основе санитарно-гигиенической характеристики условий труда работающего лежат особенности выполняемой работы с указанием неблагоприятных производственных факторов (производственный шум, вибрация, контакт с пылью, токсическими веществами, работа с физическим перенапряжением) и их количественной характеристики по сравнению с предельно допустимыми нормами (максимальная разовая концентрация, среднемесячная концентрация в динамике за последние годы), а также средств индивидуальной защиты. Кроме того, указывается, проводился ли предварительный медицинский осмотр (при поступлении на работу) и какова была регулярность проведения периодических медицинских осмотров на предприятии.

4.2. ЗАБОЛЕВАНИЯ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ВРЕДНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ОПАСНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Развитие заболеваний, причиной которых является химический поражающий фактор, зависит от пути попадания токсиканта в организм человека. При пероральном поступлении (путем заглатывания с пищей, водой и при курении)

токсичное вещество проходит через печень, которая, являясь физиологическим фильтром, в определенной мере снижает опасность отравления. Для кожно-резорбтивного внедрения токсичному веществу нужно преодолеть липидную защитную пленку на поверхности кожи. При ингаляционном внедрении природных защитных механизмов не существует, этот способ является наиболее опасным. Опасность обусловлена самим строением легких человека. Легкие представляют собой своеобразные «гроздья», состоящие из пузырьков воздуха (альвеол с общей площадью поверхности 90...130 м²), оплетенных плотной сетью кровеносных сосудов. Кровь и воздух в легких разделены стенками кровеносных сосудов, образующих так называемый аэрогематический барьер. Природа создала легкие человека таким образом, что аэрогематический барьер обладает высочайшей проницаемостью для обеспечения эффективного газообмена между кровью и окружающей средой – кислород должен активно поступать в кровь, а углекислый газ удаляться из организма. В случае содержания в воздухе токсичных веществ высокая проницаемость аэрогематического барьера позволяет отравляющим компонентам беспрепятственно проникать непосредственно в кровь и в течение долей секунды разноситься по всему организму. Именно ингаляционный путь внедрения, наиболее опасный, характерен для производственных отравлений. В быту наиболее распространенным является пероральный способ поступления, при котором чаще по ошибке принимают внутрь отравляющее вещество.

После проникновения в организм токсиканты распространяются по органам и тканям, взаимодействуют с молекулами и внутренними биологическими комплексами, распадаются, и, наконец, выводятся из организма. Для каждого токсичного вещества этот «цикл жизни» имеет свои особенности, изучаемые разделом токсикологии под названием «токсикокинетика».

Как уже отмечалось выше, токсичные вещества могут поступать в организм человека через органы дыхания (пары, газы, пыли), кожу (в основном жидкие и маслянистые продукты) и желудочно-кишечный тракт (жидкие, твердые продукты и газы).

Наиболее часто вредные вещества попадают в организм через органы дыхания: носоглотку и легкие. Из легких яды всасываются в кровь и разносятся ею по всему организму. Разные химические продукты имеют различную способность проникновения в организм через органы дыхания, зависящую в основном от растворимости отдельных веществ в воде, в тканевых жидкостях и средах организма. Например, хлористый водород, аммиак и двуокись серы хорошо растворимы в воде, поэтому они задерживаются на слизистых оболочках верхних дыхательных путей и вызывают их раздражение. Хлор, окислы азота малорастворимы в воде, поэтому они не задерживаются на слизистых оболочках дыхательных путей, проникают в альвеолы легких, сорбируются в них и вызывают их отек. Большинство алифатических и ароматических углеводородов и их производные не обладают способностью сорбироваться в легких. Это способствует их быстрой диффузии в крови и, следовательно, быстрому отравлению организма.

В перечне профессиональных заболеваний группа отравлений включает в себя самое большое количество нозологических единиц. Наибольший процент от таковых заболеваний составляют заболевания, связанные с воздействием пыли, которая доставляет огромное количество промышленных токсикантов в организм человека.

Пыль – это мельчайшие частицы вещества, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе. Если вещество, из которого состоят пылевые частицы, токсично, то пыль относят к промышленным ядам.

Производственная пыль по происхождению может быть естественной и искусственной, минеральной и органической. Чем мельче пылевые частицы, тем дольше они находятся во взвешенном состоянии, проникая в мельчайшие поры кожи, бронхи и альвеолы.

Виды пыли по характеру образовавших ее веществ представлены на рис. 4.2.

Для гигиенической оценки промышленной пыли важно учитывать такие ее свойства, как дисперсность, форму частиц, их консистенцию, электрический заряд, растворимость, химический состав, взрывчатость пыли и др.

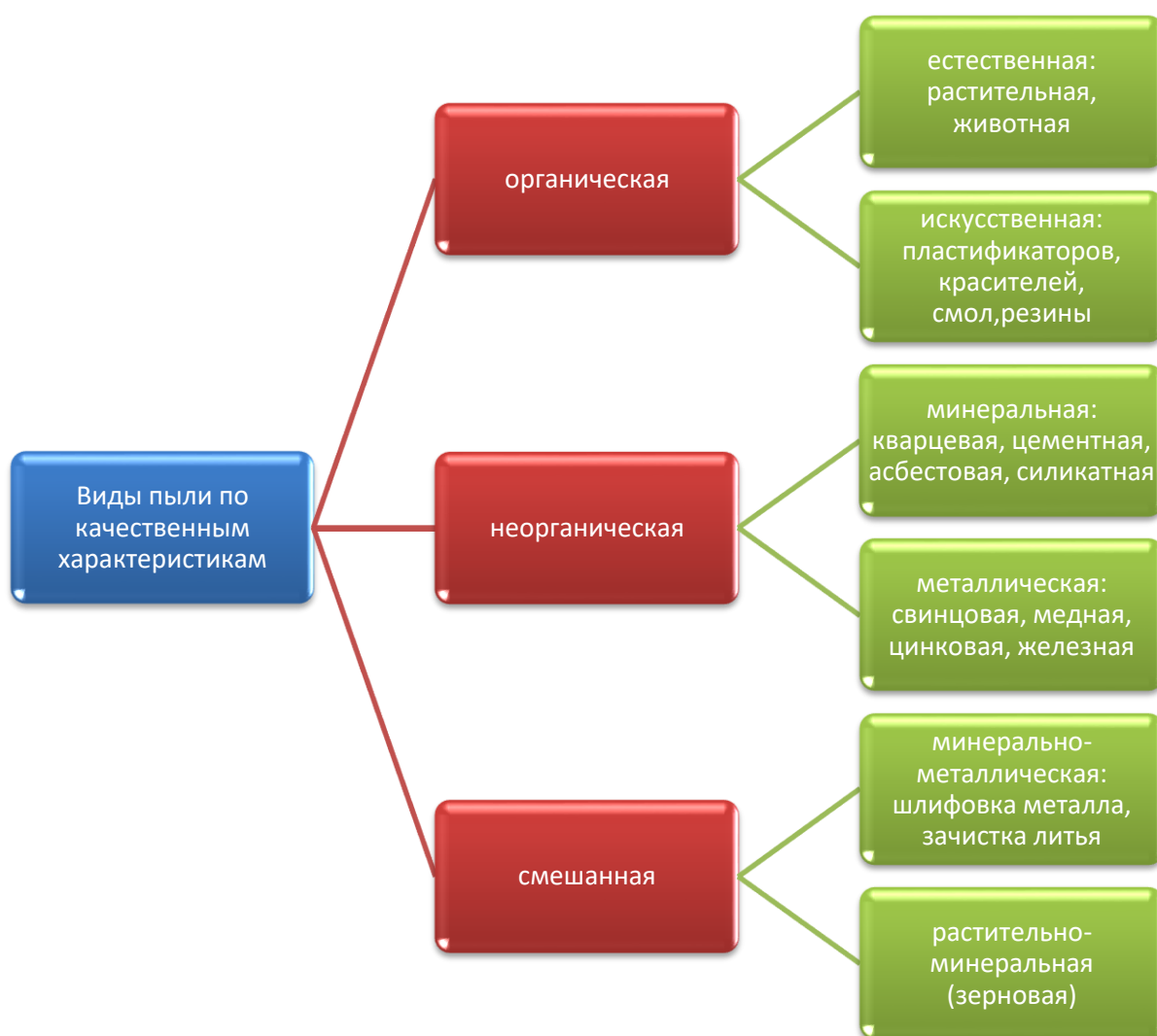


Рис. 4.2. Виды пыли по качественному составу

Дисперсность, или размер пылевых частиц, определяет длительность пребывания пылевой частицы во взвешенном состоянии, ее физическую и химическую активность, глубину проникновения в дыхательные пути и патогенность. Чем меньше размер пылевых частиц, тем дольше они задерживаются взвешенными в воздухе, следовательно, тем больше возможность попадания их в дыхательные пути и глубина проникновения.

Дисперсность пыли в большой мере влияет на ее физико-химическую активность. Раздробление 1 см^3 твердого тела до частиц размером $0,1 \text{ мк}$ увеличивает общую поверхность с 6 до $600\,000 \text{ см}^2$, т.е. в 100 000 раз, что приводит к повышению адсорбционной способности вещества к газовым молекулам. Высокодиспергированная пыль приобретает свойства *взрывчатости*. Особенно

взрывоопасны органические виды пыли: каменноугольная, пробковая, сахарная, мучная.

Форма пылевых частиц может быть правильной (шарообразной) и неправильной (обломки в виде пластинок, глыбок, многогранников). От формы пылевой частицы зависит скорость ее оседания: частица неправильной формы оседает медленнее, чем правильной.

Электрические свойства пыли. Пылевые частицы, взвешенные в воздухе, несут как положительный, так и отрицательный заряд независимо от химических свойств первичного вещества. Количество частиц с отрицательным и положительным зарядом примерно одинаково.

Химический состав пыли. Для гигиенической оценки пыли важно знать ее химический состав, от которого зависит биологическая активность, в частности фиброгенное, аллергенное, токсическое и раздражающее действие.

Возникновение и клиническая картина заболевания, связанного с воздействием пыли, во многом зависят от исходного вещества, дисперсности пылевых частиц, растворимости пыли в воде и жидких тканях организма, типа дыхания, индивидуальной чувствительности человека, состояния его здоровья.

Наиболее опасна для здоровья человека пыль с пылевыми частицами размером 5 мк и меньше. При дыхании через нос в основном задерживаются фракции пыли в 1,3 мк, через рот – частицы диаметром менее 1 мк; пылевые частицы размером от 3 мк и больше одинаково задерживаются при любом типе дыхания. Ультрамикроскопическая пыль (размером 0,1 мк и менее) малопатогенна.

Индивидуальная чувствительность человека к различным аллергенам может привести к возникновению аллергических заболеваний в ответ на действие практически любых видов пыли. Чаще других вызывают аллергии пыль ипекакуаны, канифоли, кожи, льна, муки, соломы и др.

Если пыль не токсична, то ее хорошая растворимость в воде и тканевых жидкостях приводит к быстрому удалению из организма. В случае токсичности

пыли ее растворимость является неблагоприятным фактором для здоровья человека.

Большое значение для развития некоторых заболеваний (туберкулез, сибирская язва, актиномикоз) имеет связь пыли с различного вида микробами и грибами. Некоторые виды пыли могут являться питательной средой для бактерий (стафилококк, диплококк, стрептококк, кишечная палочка) и средой обитания для микроскопических клещей.

Часть пыли, попавшей в верхние дыхательные пути, задерживается волосками, мерцательным эпителием слизистой, секретом (слизь) полости носа. Значительная часть задержанной пыли выделяется обратно (от 10 до 70%) в окружающую среду при чихании и кашле. В среднем, принято считать, что только половина пыли, попавшей в организм, достигает легких и там задерживается.

Ткань легких воспринимает пылевые частицы как инородное тело и реагирует реакцией пролиферации. Клетки легочного эпителия фагоцитируют пылинки и удаляются вместе с мокротой либо по лимфатическим путям к соединительнотканной оболочке легкого – плевре, где также вызывают пролиферативную реакцию.

Токсичные пылевые частицы могут разрушать фагоциты и задерживаться в альвеолах, внедряясь в ткани легких. Патологические процессы, развивающиеся под действием различных видов пыли, протекают в виде специфических (фиброз легких) или неспецифических (воспаление легких, рак легких) заболеваний.

В зависимости от вида вдыхаемой пыли различают следующие виды пневмокониозов.

Силикоз – наиболее распространенный из пневмокониозов, который возникает от вдыхания пыли кварца (кремнезема), содержащей диоксид кремния (SiO_2) в свободном состоянии, и встречается при производстве и обработке силикатов (асбеста, цемента, талька, алюминия). Самым опасным и тяжелым по течению пневмокониозом является *асбестоз*, вызванный вдыханием пыли

асбеста – волокнистого бесструктурного гидросиликата, стойкого к воздействию высоких температур. Согласно международным стандартам предельно допустимой концентрацией асбеста в зоне дыхания рабочего считается одно фиброволокно на 1 см³ воздуха. Санитарно-гигиенический регламент США допускает не более ОД фиброволокна на 1 см³. Целым рядом исследований доказана способность асбестовых волокон индуцировать развитие фиброза, рака легкого и плевры.

При вдыхании пыли некоторых металлов (бериллия, железа, алюминия, бария) развивается *металлокониоз*.

У шахтеров, работающих на выемке угля, и рабочих обогатительных фабрик при вдыхании угольной пыли развивается *антракоз*. Распространенность антракоза (антракосиликоза) среди шахтеров составляет в среднем 12%, причем среди тех, кто более 20 лет занят добычей антрацита, болеют около половины. Отличительным морфологическим признаком антракоза является отложение угольной пыли в виде черных очажков в тканях и сосудах легких.

При всех этих профессиональных заболеваниях у больных появляются кашель, одышка, стойкие изменения в легких, боли в груди, нередко приводящие к снижению работоспособности и инвалидности.

Пылевые бронхиты возникают при вдыхании преимущественно умеренно агрессивных смешанных пылей работниками предприятий литейного производства, горнорудной, машиностроительной, строительной промышленности, сельского хозяйства и др. В нашей стране в список профессиональных болезней пылевой бронхит внесен в 1970 г.

Диагноз хронического бронхита как периодически обостряющегося воспалительного процесса, характеризующегося поражением бронхиального дерева, основывается на таких клинических критериях, как наличие кашля и выделение мокроты не менее чем в течение трех месяцев на протяжении двух лет при исключении других заболеваний верхних дыхательных путей и легких.

Заболевания дыхательных путей. Поражения слизистой оболочки верхних дыхательных путей при длительном вдыхании пыли приводят к раздражению

слизистой, затруднению дыхания через нос, гибели желез, утрате обоняния, появлению язв в полости носа. Повреждения слизистой средних и нижних дыхательных путей носят похожий характер, но развиваются медленнее, так как в эти отделы попадает меньше пыли. Патологический процесс в этих отделах проявляется как фарингит, ларингит, трахеит, бронхит и т.д.

Неингаляционные пылевые поражения. Помимо дыхательных путей под воздействием пыли чаще всего поражаются глаза. Заболевания протекают в виде конъюнктивита, помутнения роговицы, потери чувствительности роговицы.

При частом контакте с пылью возникают различные поражения кожи – угри, сыпи, фурункулез, бородавки, сикоз и экзема; нарушается потовыделительная функция; развиваются аллергические реакции.

Многие токсичные вещества поступают в организм через кожу. Через неповрежденную кожу (эпидермис) могут проникать химические вещества, которые хорошо растворимы в жирах и липоидах: углеводороды ароматического и жирного рядов, их производные, металлоорганические соединения и др.

Большое значение при поступлении токсичных веществ через кожу имеют их консистенция и летучесть. Жидкие органические вещества с большой летучестью быстро испаряются с поверхности кожи и попадают в организм. Однако летучие вещества при известных условиях могут проникать через кожу, если они входят в состав мазей, паст, клеев, задерживающихся длительное время на коже.

Твердые, в том числе и кристаллические органические вещества, также всасываются через кожу. Наибольшую опасность представляют малолетучие вещества маслянистой консистенции, например, анилин, нитробензол, которые хорошо проникают через кожу.

Поступление токсичных веществ через желудочно-кишечный тракт в производственных условиях происходит сравнительно редко. В полость рта токсичные вещества чаще всего попадают с загрязненных рук и значительно реже при заглатывании.

Большинство токсичных веществ, поступивших в организм, подвергаются в нем разнообразным превращениям в результате различных химических реакций: окисления, восстановления, гидролиза, дезаминирования, метилирования, ацетилирования и др.

Многие ядовитые вещества в результате реакций, протекающих в организме, превращаются в менее токсичные или нетоксичные продукты. Например, бензол окисляется до фенолов, диоксибензола, пироксета, гидрохинона; толуол окисляется в бензойную кислоту, ксилол – в толуиловую кислоту; сложные эфиры подвергаются гидролизу и расщепляются на составные компоненты – спирт и кислоту; ароматические амины подвергаются дезаминированию, например, бензиламин превращается в бензиловый спирт, в дальнейшем окисляющийся в бензойную кислоту. Неорганические химические вещества также подвергаются в организме изменениям: нитриты окисляются в нитраты, мышьяковистая кислота – в мышьяковую, сульфиды – в сульфаты.

Однако в результате различных превращений токсичность некоторых ядов может увеличиваться. Например, высокая токсичность метанола объясняется его окислением в организме до формальдегида и муравьиной кислоты. Окись углерода, попадая в организм, вступает в реакцию с гемоглобином крови, который является переносчиком кислорода, и образует стойкое соединение – метгемоглобин, в результате чего снижается доставка кислорода к тканям.

Кумуляция (накопление) токсичных веществ в организме возможна в том случае, если их превращение или выделение происходит медленнее, чем поступление. Кумулятивные яды (ртуть, свинец, мышьяк, фтор), накапливаясь в организме, оказывают на него длительное и сильное воздействие и приводят к тяжелым хроническим отравлениям и заболеваниям.

Ароматические углеводороды, этиловый спирт и некоторые другие продукты вызывают так называемую функциональную кумуляцию, когда в организме накапливается не яд, а постепенно усиливающиеся изменения, вызывае-

мые действием отдельных малых порций ядовитого вещества. При этом сильно возрастает чувствительность организма даже к самым небольшим дозам ядовитого продукта, которые ранее не вызывали заметных реакций со стороны организма, а в условиях функциональной кумуляции приводят к острым отравлениям.

Выделение токсичных веществ может происходить через кожу, легкие, почки, желудочно-кишечный тракт. Через легкие выделяются летучие вещества, не изменяющиеся или медленно изменяющиеся в организме, например, бензин, бензол, хлороформ, этиловый эфир, а также спирты, ацетон, сложные эфиры.

Через почки выделяются хорошо растворимые в воде вещества и продукты превращения ядов в организме. Плохо растворимые вещества, в том числе соединения тяжелых металлов – свинца, ртути, а также марганца, мышьяка выделяются в основном через желудочный тракт.

Через кожу сальными железами выделяются все растворимые в жирах вещества. Потовыми железами выделяются, например, ртуть, медь, мышьяк, сероводород.

Опасный производственный фактор – это фактор, приводящий к развитию острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья, смерти. По природе воздействия на человека опасные и вредные физические факторы классификация в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74 (рис. 4.4).

Из вышеуказанной классификации наибольшую опасность для организма представляют электрический ток и ионизирующее излучение.

Электрический ток, представляющий собой направленный поток заряженных частиц, приводит к образованию электротравм или электроударам в результате воздействия на организм человека.

Влияние электрического тока на организм проявляется в трех характерных форм воздействия: термическом, электролитическом и биологическом.

Термическое действие тока приводит к развитию ожогов I, II, III и IV степеней отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, нервов, крови и т.п.

Электролитическое действие тока выражается в разложении внутренних сред организма, к которым относится кровь, лимфа и межклеточная жидкость.

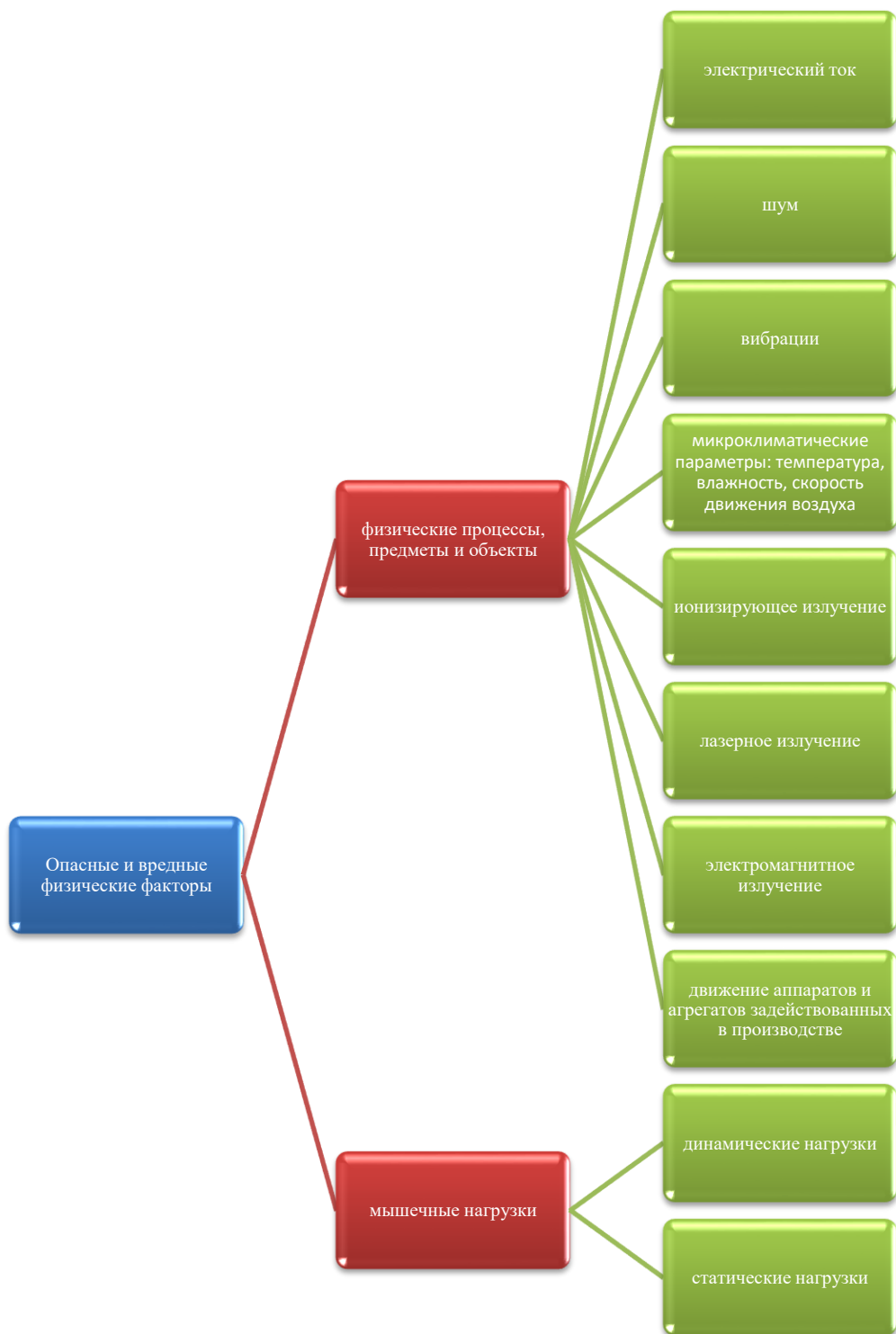


Рис. 4.4. Классификация опасных и вредных физических факторов

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении нервной и мышечной тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями поперечнополосатой и гладкой мускулатуры, которыми образованы легкие и дыхательные пути, а также фибрилляцией поперечнополосатой сердечной мышцы. В результате возникают различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Любое воздействие электрического тока выражается в получении двух видов поражения – местные электрические травмы и электрические удары. Местная электротравма – это четко выраженное локализованное нарушение целостности тканей организма в результате воздействия электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, однако при тяжелых ожогах исход поражения может быть смертельным.

Различают несколько видов *местных электрических травм*:

- 1) электрический ожог;
- 2) электрические знаки;
- 3) металлизация кожи;
- 4) электроофтальмия
- 5) механические повреждения.

Электрический ожог, являющийся самой распространенной электротравмой, может быть токовым (или контактным) и дуговым. Токовый ожог обусловлен прохождением тока через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую. Ожоги разделяют на четыре степени: I – покраснение кожи, II – образование пузырей, III – омертвление всей толщи кожи; IV – обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела. Токовые ожоги возникают

при напряжении не выше 1...2 кВ и в большинстве случаев им присваивают I и II степень.

Встречаются и тяжелые ожоги. Дуговой ожог является следствием образования электрической дуги между токоведущей частью и телом человека, которая и причиняет ожог. Дуга имеет температуру выше 2500 °С и обладает весьма значительной энергией. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые и имеют III или IV степень тяжести.

Электрические знаки – это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета, образующиеся на коже человека в результате действия тока. Знаки могут быть и в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний и мозолей. Как правило, электрические знаки безболезненны, и лечение их заканчивается благополучно.

Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротком замыкании, отключении рубильника, находящегося под нагрузкой и т.п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

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

Механические повреждения возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. При электрических ударах исход воздействия тока на организм может быть разным – от легкого, едва ощутимого

сокращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или легких, т.е. до смертельного поражения. Электрические удары в зависимости от исхода воздействия тока на организм условно делят на следующие четыре степени:

I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимся дыханием и работой сердца;

III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV – клиническая (мнимая) смерть – переходный период от жизни к смерти, наступающей с момента прекращения деятельности сердца и легких.

Опасность поражения электрическим током определяется следующими сопутствующими факторами: электрическим сопротивлением тела человека, напряжением тока, продолжительностью воздействия электрического тока. Зависит от пути прохождения тока через тело человека, рода и частоты электрического тока, а также от условий внешней среды и индивидуальных особенностей человека.

Электрическое сопротивление тела человека. Тело человека является проводником электрического тока, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому общее сопротивление тела человека определяется главным образом величиной сопротивления кожи. Сопротивление тела человека при сухой чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15...20 В) колеблется в пределах от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300...500 Ом. В действительности сопротивление тела человека не является постоянным. Оно зависит от состояния кожи, окружающей среды, параметров электрической цепи и т.д. Повреждения рогового слоя (порезы, царапины, ссадины) снижают сопротивление тела до 500...700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током. Такое же влияние оказывает

увлажнение кожи водой или потом. Поэтому работа с электроустановками влажными руками и в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре усугубляет опасность поражения человека током. Загрязнение кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, окалина), тоже приводит к снижению ее сопротивления. Имеют значение площадь контакта и место касания, поскольку сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, ладоней и рук, особенно на стороне, обращенной к туловищу (подмышечных впадинах и др.). Кожа тыльной стороны кисти и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела.

При увеличении тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, потому что вследствие местного нагрева кожи расширяются сосуды, усиливается кровоснабжение этого участка и потовыделение. Сопротивление тела человека уменьшается при повышении частоты тока и при 10...20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает устойчивость к электрическому току.

Сила тока и напряжение. С увеличением силы тока сопротивление тела человека падает, так как усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению сосудов, усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

Рост напряжения приводит к пробоем рогового слоя кожи, сопротивление кожи уменьшается в десятки раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300...500 Ом), соответственно увеличивается сила тока.

Род и частота электрического тока. Постоянный ток примерно в 4–5 раз безопаснее переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых значений ощутимого и неотпускающего постоянного и переменного токов. Но это справедливо лишь до напряжений 250...300 В. При более высоких зна-

чениях напряжения постоянный ток становится более опасным, чем переменный (с частотой 50 Гц). В случае переменного тока важное значение имеет его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается и при 10...20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току, что также приводит к увеличению тока, проходящего через человека, а следовательно, повышается опасность поражения. Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 1000 Гц. При дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45...50 кГц эти токи опасны лишь с точки зрения ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1...2 кГц.

Продолжительность воздействия электрического тока. Длительное воздействие электрического тока приводит к тяжелым, а иногда смертельным поражениям человека. Безопасным считается длительное воздействие тока силой 1 мА, при продолжительности действия до 30 с безопасен ток 6 мА.

Путь прохождения тока через тело человека. Этот фактор играет также существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы – сердце, легкие, головной мозг и т.д.

Индивидуальные свойства человека. Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары. Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, имеющие заболевания сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции и легких, нервные болезни и др.

Условия внешней среды. Состояние окружающей воздушной среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током. Сырость, токопроводящая пыль, наличие едких паров и газов, разрушающе действующих на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружающего воздуха снижают электрическое сопротивление

ние тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения током. Воздействие тока на человека усугубляют также токопроводящие полы и близко расположенные к электрооборудованию металлические конструкции, имеющие связь с землей, так как при одновременном касании этого предмета и корпуса электрооборудования, случайно оказавшегося под напряжением, через человека пройдет ток большой силы.

Основные причины поражения электрическим током:

1. Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в результате:

– ошибочных действий при проведении работ;

– неисправности защитных средств, которыми потерпевший касался токоведущих частей и др.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате:

– повреждения изоляции токоведущих частей; замыкания фазы сети на землю;

– падения провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части электрооборудования и др.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате:

– ошибочного включения отключенной установки;

– замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;

– разряда молнии в электроустановку и др.

4. Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате:

– замыкания фазы на землю;

– выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами);

– неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

Первую доврачебную помощь пораженному током человеку должен уметь оказать каждый работающий с электроустановками. Первая помощь в случае поражения человека электрическим током состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему доврачебной медицинской помощи.

Освобождение пострадавшего от действия тока. Необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит исход электротравмы. Прикосновение к токопроводящим частям вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц и общее возбуждение, которое может привести к нарушению и даже полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения. Если пострадавший удерживает провод руками, его пальцы так сильно сжимаются, что высвободить провод из его рук становится невозможным, поэтому первое действие оказывающего помощь должно состоять в немедленном отключении той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем удаления предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения. Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение от тока может вызывать его падение. В этом случае необходимо принять меры, предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающие его безопасность. При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим при отсутствии дневного освещения необходимо позаботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т.п.) с учетом взрывоопасности и пожароопасности помещения,

не задерживая отключения электроустановки и оказания помощи пострадавшему. Если отключить установку достаточно быстро нельзя, необходимо принять иные меры к освобождению пострадавшего от действия тока.

Во всех случаях оказывающий помощь не должен прикасаться к пострадавшему без надлежащих мер предосторожности, так как это опасно для жизни. Он должен следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением шага. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода напряжением до 1000 В следует воспользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно также оттянуть его за одежду (если она сухая и отстает от тела), например, за полы пиджака или пальто, за воротник, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытым одеждой.

Оттаскивая пострадавшего за ноги, оказывающий помощь не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводником электрического тока. Для изоляции рук оказывающий помощь, особенно если ему необходимо коснуться тела пострадавшего, не прикрытого одеждой, должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, надеть на нее суконную фуражку, натянуть на руку рукав пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего резиновый коврик, прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или какую-либо не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т.п.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной. Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, и он судорожно сжимает в руке один токоведущий элемент (например, провод), проще прервать ток,

отделив пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску, либо оттянуть ноги от земли веревкой, либо оттащить за одежду), соблюдая при этом указанные выше меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему. Можно также перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить его инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т.п.).

Перерубать или перекусывать провода необходимо пофазно, т.е. каждый провод в отдельности, при этом рекомендуется, по возможности, стоять на сухих досках, деревянной лестнице и т.п. Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1000 В, следует надевать диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение. При этом надо помнить об опасности напряжения шага, если токоведущая часть (провод и т.п.) лежит на земле.

На линиях электропередачи, когда нельзя быстро отключить их от пунктов питания, для освобождения пострадавшего, если он касается проводов, следует произвести замыкание проводов накоротко, набросив на них гибкий неизолированный провод. Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания. Перед тем как произвести наброс, один конец провода надо заземлить (присоединить его к телу металлической опоры, заземляющему спуску и др.). Для удобства наброса на свободный конец проводника желательно прикрепить груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего. Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

Способы оказания первой помощи. После освобождения от действия тока пострадавшего необходимо вынести из опасной зоны и оценить его состояние.

Признаки, по которым можно быстро определить состояние пострадавшего, следующие:

– сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен), человек возбужден;

– цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные;

– дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее);

– пульс на сонных артериях: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует;

– зрачки: узкие, широкие.

При определенных навыках, владея собой, оказывающий помощь в течение минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь. Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов. Об утрате сознания, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему, спросив о его самочувствии. Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких. Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы – черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому,

какую площадь радужки они занимают. Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания можно оценивать одновременно с прощупыванием пульса, что отнимает не более минуты.

Осмотр зрачков удастся провести за несколько секунд. Если у пострадавшего отсутствуют сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (0,5 см в диаметре), это свидетельствует о состоянии клинической смерти. В этом случае следует немедленно приступать к проведению реанимационных мероприятий, включающих в себя ИВЛ – искусственную вентиляцию легких и НМС – непрямой массаж сердца в соотношении 2 глубоких выдоха к 30 компрессиям. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды. Приступив к реанимации, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. ИВЛ необходимо проводить если пострадавший дышит очень редко и судорожно и у него прощупывается пульс. Для проведения ИВЛ необходимо убедиться в отсутствии переломов позвоночника и основания черепа. Пострадавшего укладывают на спину, расстегивают стесняющую дыхание одежду, обеспечивают проходимость верхних дыхательных путей, которые в положении на спине при бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком (рис. 4.5). Кроме того, в полости рта может находиться инородное содержимое (рвотные массы, песок, ил, трава, если человек тонул, и т.п.), которые необходимо удалить пальцем, обернутым платком (тканью) или бинтом.

После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под его шею, а ладонью другой руки надавливает на лоб пострадавшему, максимально запрокидывая голову. Корень языка пострадавшего поднимается и освобождает вход в гортань, а рот открывается. Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох открытым ртом, полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки.

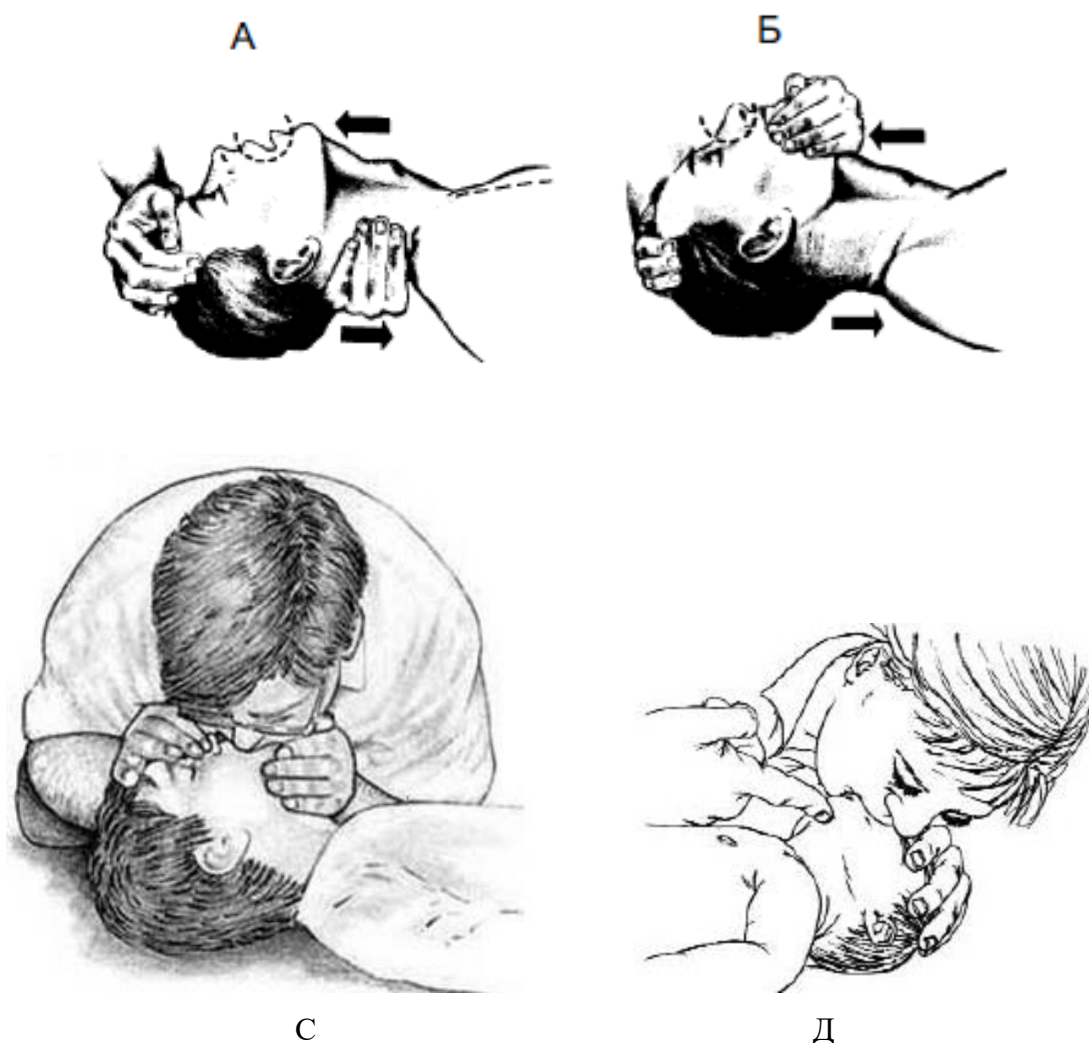


Рис. 4.5. Схема проведения ИВЛ:

А, С – схема выпрямления дыхательных путей и проведение ИВЛ соответственно методом «рот – в – рот»; В, Д – схема выпрямления дыхательных путей и проведение ИВЛ соответственно методом «рот – в – нос»

Необходимо обязательно наблюдать за грудной клеткой пострадавшего. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают, оказывающий помощь поворачивает лицо в сторону, происходит пассивный выдох у пострадавшего. Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо только искусственное дыхание, то интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с (12 дыхательных циклов в минуту). Кроме расширения грудной клетки хорошим показателем эффективности искусственного дыхания может служить порозовение кожных покровов и слизистых, а также выход больного из бессознательного состояния и появление у него

самостоятельного дыхания. Прекращают искусственное дыхание после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

При остановке сердца, не теряя ни секунды, пострадавшего необходимо уложить на ровное жесткое основание (скамью, пол, в крайнем случае подложить под спину доску). Если помощь оказывает один человек, то он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания способом «рот – в – рот» или «рот – в – нос», затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладет на нижнюю половину грудины (отступив на два пальца от ее нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса (рис. 4.6). Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах. Надавливание следует производить быстрыми толчками, так, чтобы смещать грудину на 4...5 см, продолжительность надавливания должна быть не более 0,5 с, а интервал между отдельными надавливаниями – 0,5 с.

В паузах руки с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки полностью выпрямлены в локтевых суставах. Если оживление проводит один человек, то на каждые два вдыхания он проводит 30 надавливаний на грудину.

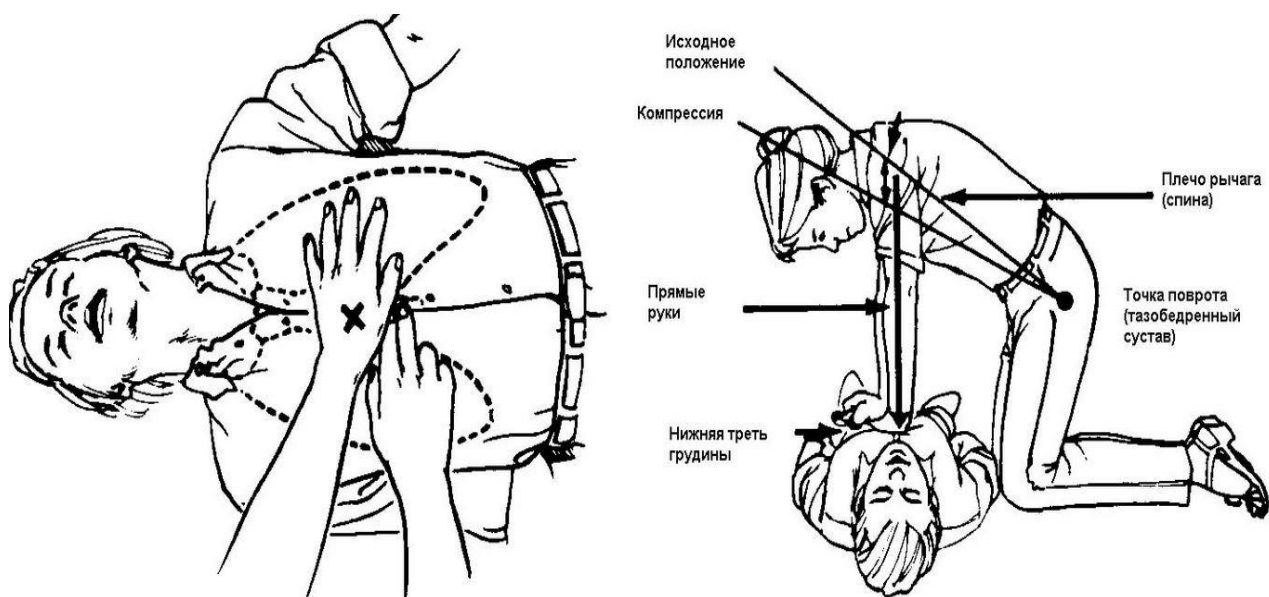


Рис. 4.6. Схема проведения НМС

При участии в реанимации двух человек соотношение «дыхание–массаж» составляет 1:5. Во время искусственного вдоха пострадавшего выполняющий массаж сердца надавливание не производит, так как усилия, развиваемые при надавливании, значительно больше, чем при вдувании воздуха.

После того как восстановится сердечная деятельность и будет хорошо определяться пульс, массаж сердца немедленно прекращают, продолжая искусственное дыхание при слабом дыхании пострадавшего и стараясь, чтобы естественный и искусственный вдохи совпали.

При неэффективности реанимационных мероприятий (кожные покровы синюшно-фиолетовые, зрачки широкие, пульс на артериях во время массажа не определяется) оживление прекращают через 30 мин. Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку (например, из одежды); расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием. В случае нарушения дыхания из-за западания языка, выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за ее углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты, необходимо повернуть его голову и плечи налево – для удаления рвотных масс. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т.п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность

или когда оказание помощи на месте невозможно (например, на опоре). В случае невозможности вызова врача на место происшествия, необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе. Если состояние пострадавшего не позволяет его транспортировать, необходимо продолжать оказывать помощь. Первая помощь при ожогах. При тяжелых ожогах, вызванных вольтовой дугой, электрическим током, паром или горячей мастикой и др. надо осторожно снять с пострадавшего одежду и обувь (лучше разрезать их). Запрещено касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или раствором, так как ожоговая рана при загрязнении может загноиться и долго не заживать. Обожженную поверхность следует перевязать без обработки, покрыть стерильным материалом, сверху положить слой ваты и закрепить бинтом. После этого пострадавшего направляют в лечебное учреждение.

Запрещено вскрывать пузыри, удалять приставшие к обожженному месту обуглившиеся вещества, отдирать обгоревшие куски одежды, так как удаляя их, вы можете повредить кожу и тем самым создать условия для нагноения. При ожогах глаз следует сделать пострадавшему холодные примочки из раствора борной кислоты и немедленно отправить его к врачу. При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током

Второй опасный фактор по сравнению с электрическим током – это **ионизирующее излучение**, приводящее к радиационному поражению, исход которого заключается в развитии лучевой болезни. Степень тяжести радиационного поражения зависит от поглощенной дозы, выражаемой в Грехах (Gp). Следует учитывать также, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений.

Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными (взвешивающими) коэффициентами.

Ионизирующее излучение при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов:

1) Детерминированные (пороговые) эффекты возникают при поражении большими дозами радиации в отношении которых предполагается существование пороговых значений и тяжесть поражения будет зависеть от полученной радиоактивной дозы. Такие эффекты приводят к развитию лучевой болезни, лучевого ожога, лучевой катаракты, лучевого бесплодия, аномалии в развитии плода и т.д.

2) Стохастические (беспороговые) эффекты не имеют дозового порога возникновения, вероятность возникновения пропорциональна дозе и для них тяжесть проявления не зависит от дозы. Подобные эффекты приводят к развитию злокачественных образований, лейкозов, наследственных заболеваний.

Независимо от вида эффекта у пострадавшего развивается лучевая болезнь, протекающая в четыре периода:

1. Первый – по времени длится от нескольких часов до трех суток. Появляются слабость, головокружение, тошнота, рвота, понос, колебания артериального давления, лихорадочное состояние, потеря сознания.

2. Второй – инкубационный. Его длительность обратно пропорциональна дозе облучения (чем больше доза, тем короче период) и колеблется от двух суток до трех недель.

3. Третий – выраженное проявление лучевой болезни. Повышается температура, на коже появляются кровоизлияния, язвы, понижается кровяное давление, обнаруживаются признаки некротической ангины, начинается выпадение волос, нарушается свертываемость крови.

4. Четвертый – восстановление. При легкой форме лучевой болезни на четвертой неделе здоровье восстанавливается. При средней и тяжелой – болезнь тоже начинает затухать, но в последующем возможны малокровие, белокровие, гипертония, ослабление организма.

Сложность выведения из организма радиоактивных веществ усугубляется тем, что различные РВ по-разному усваиваются организмом. Радиоактивные Na, K, Cs почти равномерно распределяются по организму и тканям; Ra, Sr, P скапливаются в костях; Ru, Po – в печени, почках, селезенке, а $\frac{131}{53}Y$ накапливается исключительно в щитовидной железе – важнейшем органе внутренней секреции, который регулирует обмен веществ, рост и развитие организма.

4.3. ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ФИЗИЧЕСКИМИ ПЕРЕГРУЗКАМИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕМ ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ И СИСТЕМ

Подобный типаж заболеваний включают в себя инфекционные и паразитарные заболевания, а также заболевания, вызванные дрожжеподобными грибами, грибами-продуцентами, воздействием антибиотиков и др.

К профессиональным инфекционным и паразитарным заболеваниям относятся туберкулез, бруцеллез, сап, сибирская язва, дисбактериоз, кандидомикоз кожи и слизистых оболочек, висцеральный кандидоз и др.

В отдельную категорию выделяют профессиональные аллергические заболевания (конъюнктивит, заболевания верхних дыхательных путей, бронхиальная астма, дерматит, экзема) и онкологические заболевания (опухоли кожи, мочевого пузыря, печени, рак верхних дыхательных путей).

Выполняя физический труд специалисты могут приобрести заболевания *опорно-двигательного аппарата*. Наиболее часто встречаются подобные типы заболеваний при работе в таких отраслях промышленности, как строительная, горнорудная, машиностроительная, в сельском хозяйстве. Причиной заболеваний опорно-двигательного аппарата являются хронические мышечные перенапряжения, микротравматизация, выполнение быстрых однотипных движений. Наиболее часто встречаются заболевания опорно-двигательного аппарата: мышц, связок и суставов верхних конечностей: миозиты, крепитирующий тен-

довагинит предплечья, стенозирующий лигаментит (стенозирующий тендовагинит), эпикондилит плеча, бурситы, деформирующие остеоартрозы, периартроз плечевого сустава, остеохондроз позвоночника (дискогенные пояснично-крестцовые радикулиты).

Установление связи перечисленных заболеваний опорно-двигательного аппарата с профессией требует тщательного анализа производственных условий, исключения других причин. Существенное значение имеет связь начала обострения с перенапряжением определенных групп мышц, с выполнением определенных операций. Вопросы трудоспособности решаются с учетом степени выраженности заболевания, частоты рецидивов, эффекта от проводимого лечения, сохранности функции, возможности рационального трудоустройства. В случае стойкого снижения трудоспособности больных направляют на ВТЭК.

4.4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ

Травма – единовременное, внезапное воздействие на организм внешнего фактора, вызывающего в тканях и органах анатомические или функциональные нарушения, которые сопровождаются местной и общей реакцией. Изучением и лечением травм занимается травматология. Травматизм – совокупность вновь возникших травм в определенных группах населения. Исчисляется количеством травм на 100, 1000 человек за 1 месяц, год соответственно. Различают следующие виды травматизма: производственный, сельскохозяйственный, спортивный, транспортный, умышленный и др.

Производственный (промышленный) травматизм, связанный с потерей трудоспособности, учитывается по больничным листам. Травматизм без потери трудоспособности регистрируется в здравпунктах, что позволяет вовремя отметить неблагополучие на данном участке производства и принять надлежащие меры.

К факторам производственного травматизма относятся:

- повреждения ручным инструментом и обрабатываемым материалом;

- повреждения, причиненные машинами;
- падение рабочего с высоты;
- падение и обрушивание предметов на рабочего;
- повреждения, связанные с переноской и перевозкой тяжестей;
- повреждения при пользовании механизированным транспортом и др.

Сельскохозяйственный травматизм, кроме факторов, аналогичных факторам производственного травматизма, имеет и некоторые особенности, связанные с сельскохозяйственным производством. К ним относятся метеорологические и природные условия (высокие и низкие температуры, грозы, ураганы, разливы рек и др.), травмы, причиненные домашними и дикими животными, насекомыми.

Наиболее низкий уровень производственного травматизма на 1000 работающих по данным многолетних наблюдений зарегистрирован в организациях здравоохранения, оптовой и розничной торговли, связи, на транспорте.

Наивысший уровень производственного травматизма на 1000 работающих приходится на промышленное производство, сельское хозяйство, строительство.

По данным Росстата за расчетный период 2012 – 2018 гг. производственный травматизм существенно снижен благодаря увеличению финансирования мероприятий по охране труда (рис. 4.7. Причем экономическая составляющая значительно оказывает свое влияние, так как основными причинами производственного травматизма на предприятиях являются:

- неудовлетворительная организация работ – 21,7% от общего числа выявленных нарушений;
- нарушение работниками трудового распорядка и дисциплины труда – 5,8%;
- нарушения технологического процесса – 4,4%.

По количеству погибших на производстве лидирующие позиции занимают водитель, шахтер, строительный рабочий, механизатор, электромонтер, почтальон.

Анализ основных причин производственного травматизма показывает, что в общей структуре причин несчастных случаев на производстве преобладают причины организационного характера (неудовлетворительная организация производства работ, нарушение трудовой и производственной дисциплины, недостатки в обучении безопасным приемам труда, неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест и т.д.). Большинство несчастных случаев происходит вследствие несоблюдения работниками требований охраны труда.

В связи с этим настоятельной и актуальной задачей является обязательность обучения по охране труда всех работающих, пропаганда в средствах массовой информации важности соблюдения требований (правил, инструкций и т.п.) охраны труда, создание атмосферы непримиримого отношения к нарушителям этих требований.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве, тыс. человек	40,4	35,6	31,3	28,2	26,7	25,4	23,6
из них со смертельным исходом	1,82	1,70	1,46	1,29	1,29	1,14	1,07
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве на 1000 чел	1,9	1,7	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
из них со смертельным исходом	0,084	0,080	0,067	0,062	0,062	0,056	0,054
Число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших на производстве	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
Израсходовано средств на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего, рублей	8758,1	8881,3	9615,5	10930	11480	12965	14246

Рис. 4.7. Статистические данные по промышленному травматизму

В структуре основных видов происшествий, приводящих к несчастным случаям, преобладают: воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, падения, обрушения, обвалы предметов, падения пострадавшего с высоты.

Причины смерти при механических повреждениях многообразны, но из них можно выделить наиболее часто встречающиеся:

- повреждения, не совместимые с жизнью, – связаны с грубой травматизацией тела, которая чаще встречается при воздействии частей движущегося транспорта, падения с большой высоты, огнестрельной травме и т.д.;

- кровопотеря острая – быстрое истечение даже относительно незначительного количества (200–500 мл) крови из магистральных сосудов, сопровождающееся резким падением внутрисердечного давления и острым малокровием головного мозга, или обильная – относительно медленное истечение большого количества (2,5–3,5 л) крови;

- ушиб и сотрясение головного мозга – чаще встречаются при травматизации тупыми предметами. Поскольку последующая компрессия головного мозга наступает медленно, возможен так называемый светлый промежуток, во время которого пострадавший способен совершать активные действия;

- повреждение спинного мозга – обычно сочетается с травмой позвоночника и, как правило, сопровождается травматическим отеком, который развивается уже в ближайшие минуты после повреждения;

- сотрясение и ушиб сердца с его последующей рефлекторной остановкой – встречаются при сильных ударах в область грудной клетки. При ударах частями быстро движущегося транспорта и при падениях с большой высоты наблюдаются даже отрывы сердца;

- сдавление органов излившейся кровью или воздухом – встречаются, как правило, при повреждениях черепной или грудной полостей;

- шок III и IV степени;

- эмболии (жировая, воздушная, реже – тромбоэмболия и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материал, изложенный в данном учебном пособии, ориентирован на сохранение жизни, здоровья и работоспособности людей в различных производственных и природных условиях. Как известно, здоровье – это не безвозмездный дар, приобретаемый на всю жизнь, здоровье – это результат качества сознательной жизнедеятельности как одного человека, так и общества в целом. Сохранение здоровья, оптимальной жизнедеятельности достигается качественным образованием в данной области и чётко ориентированной социальной политикой государства, а не только деятельностью медицинской отрасли.

Исходя из опыта, многие проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности людей в чрезвычайных условиях антропогенного, природного и социального характеров тесно связаны со знаниями особенностей протекания физического и психического взаимодействия человека с опасными и вредными условиями окружающей среды. Люди также должны знать, как предупредить неблагоприятные воздействия и как оказать помощь пострадавшим. Именно эти вопросы и рассматриваются в данном учебном пособии.

Формирование знаний в рассматриваемой области обеспечено определенным набором дисциплин, объединенных в соответствующие модули, позволяет изучать взаимодействие окружающей среды и человека. Фундаментальные знания, используемые в данном учебном пособии, таких дисциплин как медицина и экология, интегрируются с физикой, химией, биологией, физиологией, гигиеной, медициной труда и рядом других фундаментальных дисциплин. Изучение этого модуля дисциплин позволит сформировать такие профессиональные компетенции, как анализ механизмов воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека, определение характера взаимодействия организма человека с опасностями с учетом специфики механизма вредного действия средовых факторов и особенностей их комбинированного действия,

и сформировать важную общекультурную компетенцию сохранения здоровья населения.

Авторы учебного пособия стремились:

- познакомить студентов с факторами риска, причинно-следственными связями между состоянием окружающей среды и качественным уровнем здоровья населения, проследить возможную экологически зависимую патологию;
- рассмотреть медико-биологические особенности воздействия производственной среды на работника, особенности возникновения профессиональных и производственно обусловленных заболеваний на современном производстве и общие принципы их профилактики;
- показать, что приспособление человека к изменяющимся условиям среды обитания не беспредельно и может приводить к повышению уровня заболеваемости и смертности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные акты

1. **ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ.** Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. **ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ.** Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
3. **ГОСТ 12.1.005–88.** Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. **ГОСТ Р 56930–2016.** Руководство по применению критериев классификации опасности химической продукции по воздействию на организм. Острая токсичность при вдыхании. 32 с.
5. **ГН 2.2.5.1313–03.** «Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
6. **Об утверждении** Положения о Государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании : постановление Правительства РФ от 24.07.2000 N 554 (ред. от 15.09.2005). – Кодекс. – 4 с.
7. **Р 2.2.2006–05.** «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».
8. **О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения** : федер. закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ. – 38 с.

Литературные источники и электронные ресурсы

9. **Архангельский, В. И.** Гигиена и экология человека [Электронный ресурс] : учебник / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 176 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>

10. **Васильев, А. В.** Особенности сочетанного воздействия физических и химических факторов на население урбанизированных территорий / А. В. Васильев, В. В. Заболотских // Журнал Экологии и промышленной безопасности. – 2012. – № 3-4. – С. 47 – 52.

11. **Васильев, А. В.** Анализ сочетанного воздействия акустических и электромагнитных загрязнений на примере г. Тольятти / А. В. Васильев, О. В. Бынина, В. В. Заболотских // Актуальные проблемы экологии и пути их решения : сб. докл. Шестой науч.-практ. конф., г. Тольятти, 30 ноября – 1 декабря 2012 г. – Самара : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. – С. 55 – 60.

12. **Васильев, А. В.** Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия физических загрязнений : монография / А. В. Васильев. – Самара : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2009. – 140 с.

13. **Vasilyev, A. V.** Development of Methods for the Estimation of Impact of Physical Factors on the Health of Population / A. V. Vasilyev, V. V. Zabolotskikh, V. A. Vasilyev // Safety of Technogenic Environment. – 2013. – No. 4. – P. 42 – 45.

14. **Vasilyev, A. V.** Method and Approaches to the Estimation of Ecological Risks of Urban Territories / A. V. Vasilyev // Safety of Technogenic Environment. – 2014. – No. 6. – P. 43 – 46.

15. **Власов, В. Н.** Сочетанное воздействие толуола, общей вибрации и шума на сердечно-сосудистую систему экспериментальных животных / В. Н. Власов // Экология и здоровье человека : тр. IX Всерос. конгресса. – Самара, 2004. – С. 41 – 45.

16. **Гигиена** [Электронный ресурс] : учебник / В. И. Архангельский и др. ; под ред. П. И. Мельниченко. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 656 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>

17. **Каспаров, А. А.** Гигиена труда и промышленная санитарная : монография / А. А. Каспаров. – М. : Медицина, 1977. – 384с.

18. **Дворецкий, Л. И.** Междисциплинарные клинические задачи [Электронный ресурс] /Л. И. Дворецкий. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – UTL : <http://www.studentlibrary.ru/>

19. **Диментберг, Ф. М.** Вибрация в технике и человек / Ф. М. Диментберг, К. В.Фролов. – М. : Знание, 1987. – 160 с.

20. **О реализации** государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2012 году : доклад. – Министерство труда и социальной защиты РФ. – М., 2013.

21. **Актуальные** задачи внедрения специальной оценки условий труда в Российской Федерации : доклад первого заместителя Министра труда и социальной защиты РФ С. Вольямейкина на VII Международной конференции по вопросам охраны труда. – М., 10 декабря 2013 г.

22. **Заболотских, В. В.** Изучение приоритетных токсикантов атмосферного воздуха урбанизированных территорий на примере города Тольятти / В. В. Заболотских, А. В. Васильев, Ю. П. Терещенко // Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера. – 2012. – № 1 (январь – март).

23. **Заболотских, В. В.** Изучение свойств токсикантов города Тольятти и их влияния на здоровье человека на базе информационных технологий / В. В. Заболотских, Ю. П. Терещенко // Актуальные проблемы экологии и пути их решения : сб. докл. науч.-практ. конф., 3 декабря 2010 г., г. Тольятти. – Самара : Самарский научный центр РАН. – 2010. – С. 100 – 103.

24. **Заболотских, В. В.** Комплексный мониторинг антропогенного загрязнения в системе обеспечения экологической безопасности города / В. В. Заболотских, А. В. Васильев // Вектор науки ТГУ. – 2012. – № 2(20). – С. 58 – 62.

25. **Заболотских, В. В.** Мониторинг токсического воздействия на окружающую среду с использованием методов биоиндикации и биотестирования : монография / В. В. Заболотских, А. В. Васильев. – Самара : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. – 233 с.

26. **Кирюшин, В. А.** Гигиена труда [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Кирюшин, А. М. Большаков, Т. В. Моталова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>
27. **Кирюшин, В. А.** Гигиена труда: рук.кпракт. занятиям : учебное пособие / В. А. Кирюшин, А. М. Большаков, Т. В. Моталова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011.
28. **Косарев, В. В.** Профессиональные болезни [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Косарев, С. А. Бабанов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 368 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>
29. **Косарев, В. В.** Профессиональные болезни (диагностика, лечение, профилактика) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Косарев В.В., Лотков В. С., Бабанов С.А. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 160 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru>
30. **Лисицын, Ю. П.** Социальная гигиена и организация здравоохранения / Ю. П. Лисицын. – М. : Медицина, 1973. – 456 с.
31. **Лисицын, Ю. П.** Здоровье населения и современные теории медицины / Ю. П. Лисицын. – М. : Медицина, 1982. – 328 с.
32. **Лисицын, Ю. П.** Общественное здоровье и здравоохранение / Ю. П. Лисицын. – М. : Медицина, 2002. – 416 с.
33. **Марченко, Д. В.** Охрана труда и профилактика профессиональных заболеваний : учебное пособие / Д. В. Марченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2008.
34. **Морозова, Л. Л.** Медико-библиографические основы взаимодействия человека со средой обитания : учебное пособие / Л. Л. Морозова ; под ред. С. В. Белова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумна, 1997. – 49 с.
35. **Расторгуев, Б. П.** Окно в мир звука / Б. П.Расторгуев. – М. : Знание, 1987. – 144 с.
36. **Патологическая анатомия** [Электронный ресурс] : учебник : в 2-х т. Т. 2. Частная патология / под ред. В. С. Паукова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 528 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru>

37. **Профессиональная** патология. Национальное руководство / под ред. П. Ф. Измерова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011.
38. **Профессиональная** патология [Электронный ресурс] : национальное руководство / под ред. И. Ф. Измерова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – URL : <http://www.studentlibrary.ru>
39. **Профессиональные** болезни [Электронный ресурс] : учебник / Н. А. Мухин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 512 с. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>
40. **Профессиональные** болезни: учебник для студентов медвузов / Н. Ф. Измеров и др. ; под ред. Н. Ф. Измерова. – М. : Академия, 2011.
41. **Разумов. В. В.** Клинические аспекты в экспертной работе профпатолога : учебное пособие / В. В. Разумов, В. А. Зинченко, Е. Б. Гуревич ; ГБОУ ДПО Новокузн. гос. ин-т усовершенствования врачей Минздрава России. – Новокузнецк : Полиграфист, 2013. – 256 с.
42. **РБК.** – URL : <https://www.rbc.ru/business/25/05/2020/5ec6a0b39a7947d276сеса8f>
43. **Саноцкий, И. В.** Критерии вредности в гигиене и токсикологии при оценке опасности химических соединений / И. В. Саноцкий, И. П. Уланова ; Акад. мед. наук СССР. – М. : Медицина, 1975. – 328 с
44. **Селье, Г. М.** Стресс без дистресса / Селье Г. М.: Прогресс, 1982, 53 с.
45. **Silicosis** and Silicate Diseases Committee. Diseases Associated with Exposure to Silica and non Fibrous Silicate Materials // Arch. Pathol. Lab. Med. – 1988. – No. 112. – P. 673 – 720.
46. **Справочник** по инженерной психологии / под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 386 с.
47. **Труд и здоровье** [Электронный ресурс] / Н. Ф. Измеров, И. В. Бухтияров, Л. В. Прокопенко, Н. И. Измерова, Л. П. Кузьмина – М. : Литтерра, 2014. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/>

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Границы соприкосновения человека с окружающей средой	4
1.1. Общие понятия о взаимосвязи человека с окружающей средой	4
1.2. Проблема адаптации человека к окружающей среде	6
1.3. Охрана здоровья человека и окружающей природной среды	8
1.4. Гигиенические нормативы качества окружающей среды	18
1.4.1. Особенности гигиенического нормирования химических веществ в атмосферном воздухе населенных мест	24
1.4.2. Особенности гигиенического нормирования химических веществ в водной среде	27
1.4.3. Особенности гигиенического нормирования химических веществ в почве	30
1.5. Здоровье населения. Заболевания, связанные с антропогенным загрязнением среды обитания	34
1.6. Влияние химических, физических и биологических категорий загрязнения биосферы на организм человека	39
2. Влияние негативных факторов среды обитания на защитные системы организма человека	44
2.1. Системы восприятия и компенсации неблагоприятных внешних условий среды обитания. Анализаторы	44
2.2. Естественные системы обеспечения защиты организма человека	58
2.3. Законы, лежащие в основе оценки неблагоприятного действия опасных и вредных факторов среды обитания на организм человека	64
2.4. Допустимое воздействие опасных и вредных факторов на человека	67
2.5. Комплексное действие вредных и опасных производственных факторов на организм человека. Токсиканты в окружающей среде	71
2.6. Принципы установления ПДУ и ПДК воздействия вредных и опасных факторов, физические критерии и принципы установления норм	75

3. Основы промышленной токсикологии. Элементы токсикометрии и критерии токсичности	80
3.1. Основы промышленной токсикологии. Общие сведения о токсичности веществ	80
3.2. Физико-химические свойства ядов, влияющие на токсичность. Классификация вредных веществ. Пути проникновения ксенобиотиков в организм человека	84
3.3. Метаболические процессы превращения вредных веществ в организме человека и их пути выведения	94
3.4. Отравления. Первая помощь при различных видах отравления	104
4. Профессиональные заболевания	116
4.1. Состояние здоровья работающих в различных отраслях экономики. Заболевания (острые отравления, их последствия, хронические интоксикации), связанные с воздействием вредных производственных химических факторов	116
4.2. Заболевания и их последствия, вызванные вредным воздействием на организм человека опасных физических производственных факторов	120
4.3. Заболевания, связанные с воздействием вредных производственных биологических факторов, физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем	147
4.4. Производственный травматизм	148
Заключение	152
Список литературы	154

Учебное электронное издание

БЕСПАЛЬКО НАТАЛИЯ ЕВГЕНЬЕВНА
КОЗАЧЕК АРТЕМИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

В ДВУХ ЧАСТЯХ

ЧАСТЬ 1

Учебное пособие

Редактирование Е. С. Мордасовой
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

ISBN 978-5-8265-2584-5



Подписано к использованию 22.05.2023.

Тираж 50 шт. Заказ № 41

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Тел./факс (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru