

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**Колледж инновационных технологий и предпринимательства**

**Кафедра Автотранспортной и техносферной безопасности**

Составители: Морохова Н.А.

Конспект лекций  
«Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности»  
для студентов КИТП, обучающимся по специальности  
20.02.04 «Пожарная безопасность»  
(шифр направления, название)

г. Владимир 2016

## Оглавление.

Введение.

Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека. Влияние загрязнения среды обитания на здоровье человека.

Источники химических загрязнений среды обитания.

Адаптация человека к условиям окружающей среды. Характеристика процессов адаптации. Общие принципы и механизмы адаптации. Повышение устойчивости организма к факторам среды обитания.

Законы и закономерности гигиены. Три закона гигиены. Санитарно-гигиенические мероприятия. Лечебно-профилактические мероприятия.

Принципы гигиенического нормирования. Принцип безвредности. Принцип дифференциации биологических ответов. Принцип разделения объектов санитарной охраны.

Классификация основных форм деятельности. Динамика работоспособности.

Тяжесть и напряженность трудового процесса.

Психология труда.

Токсикологические характеристики вещества. Классификация вредных химических веществ. Токсикологическая классификация ядов. Параметры токсикометрии.

Инттоксикация.

Пути поступления, распределения и проявления действия вредных химических веществ.

## Введение.

Медико-биологические основы безопасности — комплексная дисциплина, изучающая взаимодействие окружающей среды и человека. Она находится на стыке медицины и экологии, объединяя физику, химию, биологию, физиологию, гигиену, токсикологию, медицину труда.

**Объектом** изучения медико-биологических основ безопасности жизнедеятельности является **среда обитания**, предметом — свойства среды, проявляющиеся во влиянии на здоровье человека, а **целью** — разработка **профилактических мероприятий, обеспечивающих сохранение оптимального здоровья человека, долгой творческой активности.**

При изучении влияния окружающей среды на здоровье человека приоритетное значение придается **факторам риска**, непосредственно ведущим к возникновению заболеваний. Устранение (или ослабление) отрицательного воздействия фактора на здоровье людей достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, лечебно-профилактических мероприятий, систем жизнеобеспечения и непосредственно повышения устойчивости человека к неблагоприятному воздействию окружающей среды. **Законодательную роль при этом играет гигиеническое нормирование факторов среды обитания.**

Данная дисциплина является одним из элементов экологического воспитания студентов, так как учит видеть зависимость между последствиями негативного влияния профессиональной деятельности на окружающую среду и здоровьем человека.

Приоритетными направлениями при изучении данной дисциплины являются: выявление причинно-следственных связей и факторов, порождающих экологически и производственно обусловленные, профессиональные заболевания; предупреждение вышеперечисленных заболеваний на основе анализа, моделирования и прогнозирования неблагоприятных ситуаций в среде обитания человека; защита людей от экологически и производственно обусловленных заболеваний путем снижения техногенных и природных нагрузок со стороны среды обитания, а также использования лечебно-профилактических мероприятий; информационное обеспечение и образование по вопросам гигиены окружающей среды.

В процессе изучения данной дисциплины будущий специалист должен научиться: анализировать качественные и количественные характеристики опасных и вредных факторов; разрабатывать санитарно-гигиенические требования к технологиям, техническим изделиям, оборудованию, производственным помещениям; проводить эколого-гигиеническую экспертизу с учетом государственных нормативных актов.

### **Взаимосвязь со средой обитания и адаптация человека к условиям окружающей среды.**

#### **Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека. Влияние загрязнения среды обитания на здоровье человека.**

Здоровье людей — национальное богатство страны, поэтому необходимо значительное внимание уделяют рассмотрению вопросов оценки состояния и влияния окружающей среды (среды обитания) на здоровье человека в целях создания оптимальных научно-обоснованных условий его жизни. В развитом обществе здоровье человека — это определяющий, системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий.

**Здоровье — это процесс сохранения и развития биологических, физиологических, психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности человека при максимальной продолжительности его жизни.**

Официальное определение Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), которое содержится в предисловии к ее уставу (1946): «**Здоровье — это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов**».

В практической деятельности чаще всего используется определение здоровья как среднестатистической величины.

Существует несколько понятий здоровья, имеющих разное содержание:

**Общебиологическое здоровье** (норма) — интервал, в пределах которого количественные колебания психофизиологических процессов способны удерживать живую систему на уровне функционального оптимума (оптимальная зона, в пределах которой организм не выходит на патологический уровень саморегуляции).

**Популяционное здоровье** — условное статистическое понятие, которое достаточно полно характеризуется комплексом демографических показателей, уровнем физического развития, заболеваемостью и частотой доблезненных состояний, инвалидностью некоторой группы населения.

**Индивидуальное теоретическое здоровье** — состояние полного социального, биологического и психического благополучия, когда функции всех органов и систем организма человека уравновешены с окружающей средой, отсутствуют какие-либо заболевания, болезненные состояния и физические дефекты.

**Индивидуальное фактическое здоровье** — состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои социальные и биологические функции.

Значимость здоровья в настоящее время особенно возросла, поскольку состояние здоровья людей существенно изменилось и возникли новые закономерности характера и распространенности заболеваний человека, демографических процессов. Указанные изменения в состоянии здоровья людей можно обобщенно охарактеризовать следующим образом:

-значительно выше стала зависимость состояния здоровья человека от социально-экономических условий, среды его обитания;

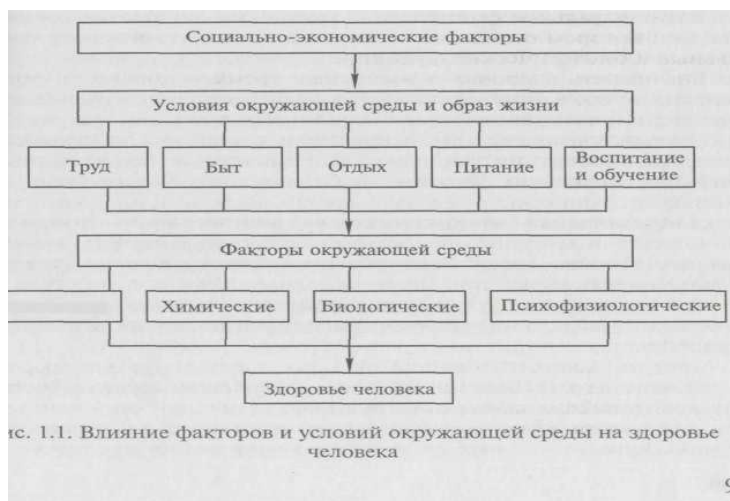
-появилась другая скорость изменения показателей, характеризующих здоровье (физическое развитие, заболеваемость, инвалидность, смертность);

- произошли характерные демографические изменения — постарение населения, урбанизация, сдвиги в структуре смертности и пр.;
- определился ряд заболеваний, частота которых резко возросла в последние годы (болезни органов кровообращения, хронические неспецифические заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, отравления, травмы);
- увеличилась численность заболеваний, которые раньше реже встречались: эндокринные, аллергические, врожденные пороки, болезни иммунной системы и др.;
- возросла заболеваемость некоторыми инфекционными и другими болезнями: туберкулезом, СПИДом, дифтерией, гепатитом, заболеваниями крови, аденовирусными болезнями и др.;
- определилась многофакторность влияния на здоровье человека и появилась необходимость системного подхода к профилактике заболеваний.

Здоровье человека в конечном счете определяется совокупным влиянием природных и социально-экономических факторов жизни человека (рис. 1.1).

В понятие «окружающая среда» входят и понятия «среда обитания», «производственная среда».

Среда обитания —пространство, в котором осуществляется жизнедеятельность организма: жилой дом, место отдыха, транспортное средство, рабочее место и т.д.Производственная среда — часть окружающей человека среды (среды обитания), образованная вредными и опасными производственными факторами и условиями, характеризующими рабочее место и воздействующими на человека в процессе трудовой деятельности.



В основном на состояние здоровья населения влияют:

- образ жизни** (табакокурение, употребление алкоголя и наркотиков, злоупотребление лекарствами, питание, условия труда, гиподинамия, материально-бытовые условия, семейное положение и др.) — на 49 — 53%;
- генетические и биологические факторы** — на 18 —22 %;
- состояние здравоохранения** (своевременность и качество медицинской помощи, эффективность профилактических мероприятий) - на 8-10%;
- окружающая среда** (природно-климатические факторы, качество объектов окружающей среды) — на 17 — 20% (в различных регионах это соотношение может изменяться).

Вместе с тем фактор окружающей среды способен выступать как причинный фактор, практически полностью определяющий развитие конкретного заболевания. В настоящее время некоторые хронические болезни населения достаточно аргументировано считают следствием воздействий экологических факторов, например,

болезнь Минамата, связанная с загрязнением ртутьсодержащими промышленными стоками морской и речной среды; болезнь Итай-Итай, обусловленная поливом рисовых полей водой, содержащей кадмий, и др.

Выявление причинно-следственных связей между воздействием факторов окружающей среды и возможными изменениями состояния здоровья человека — одна из задач гигиенической диагностики.

Одним из важнейших элементов методологии гигиенической диагностики является оценка риска неблагоприятного влияния факторов среды на здоровье человека.

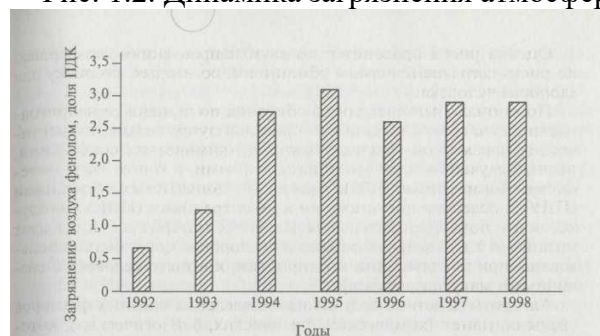
Риск определяется обычно как потенциальный (возможный), а не неизбежный, т.е. не обязательно реализуемый и, как правило, устранимый. Фактор риска — это фактор любой природы (наследственный, экологический, производственный, фактор образа жизни и др.), который при определенных условиях может провоцировать или увеличивать риск развития нарушений состояния здоровья. Оценка риска проводится по двум направлениям, во-первых, по риску загрязнения среды обитания и, во-вторых, по риску для здоровья человека.

Потенциальный риск среды обитания оценивается сравнением фактических параметров вредных факторов с установленными законом гигиеническими нормативами (ГН), предельно допустимыми уровнями (ПДУ), предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в воздухе, воде, почве, строительных и других материалах, продуктах питания и т.д.

На примере загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга выбросами автотранспорта и промышленными предприятиями такими соединениями, как аммиак, оксид углерода, этил-бензол, фенол, формальдегид, хлористый водород, марганец, диоксид азота, свинец, сернистый ангидрид, ксилол, взвешенные вещества, установлено, что популяционный, хронический и канцерогенный риски существуют в 20 районах города (рис. 1.2). Наиболее неблагоприятная обстановка оказалась в центральной части города, а наиболее благоприятная — на окраине города и в городах-спутниках. Расчеты риска дают возможность составлять прогнозы изменения здоровья в отдаленные периоды. В настоящее время оценка риска здоровья работников проводится в соответствии с документом Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

*Оптимальные условия труда* (класс 1) — отсутствие риска для населения и работника.

Рис. 1.2. Динамика загрязнения атмосферного воздуха фенолом в Санкт-Петербурге



При этом отсутствуют вредные производственные факторы, либо они ниже величин, безопасных для жизнедеятельности. В этом случае сохраняется здоровье и высокий уровень работоспособности трудящихся.

*Допустимые условия труда* (класс 2) — отсутствие риска для работника. При этом параметры вредных производственных факторов и трудового процесса не превышают

ПДК, ПДУ и ГН. В этом случае изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время отдыха или к началу следующей рабочей смены, а также не предвидятся изменения в состоянии здоровья работников и их потомства в ближайшем и отдаленном периодах.

*Вредные условия труда* (класс 3) — риск есть. При этом вредные производственные факторы превышают ПДК, ПДУ, ГН и оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье работников и его потомства. Они по степени выраженности подразделяются на четыре степени вредности третьего класса.

Степень 1 (3.1) — риск есть. Вредные производственные факторы выше ПДК, ПДУ, ГН вызывают функциональные изменения, которые не восстанавливаются к началу следующей смены и увеличивают риск повреждения здоровья.

Степень 2 (3.2) — риск есть. Вредные производственные факторы, вызывая стойкие функциональные изменения, приводят в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (повышение уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности); к заболеваниям наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных производственных факторов, к появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний после продолжительного контакта (экспозиции) — часто после 15 лет стажа и более.

Степень 3 (3.3) — риск есть. При этом уровни вредных производственных факторов таковы, что, как правило, приводят к развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности), росту производственно-обусловленной заболеваемости.

Степень 4 (3.4) — риск есть. При этом вредные производственные факторы приводят к развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), значительному росту производственно-обусловленной заболеваемости (включая заболеваемость с временной утратой трудоспособности).

*Опасные (экстремальные) условия труда* (класс 4) — риск есть и для здоровья, и для жизни. При этом уровни вредных производственных факторов при их воздействии в течение рабочей смены или ее части создают угрозу для жизни, возникновения острых профессиональных поражений в том числе в тяжелой форме.

В 1997 г. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ и Главного государственного инспектора РФ по охране природы «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в РФ» основные элементы методологии оценки риска официально введены в систему управления качеством окружающей среды и охраны здоровья человека.

В целях динамического слежения за совокупностью факторов, способных влиять на здоровье человека, Постановлением № 426 Правительства РФ от 01.06.2000 г. на территории России введен *социально-гигиенический мониторинг*. Это государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, а также определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья человека и воздействием факторов среды обитания.

При проведении социально-гигиенического мониторинга ведутся следующие наблюдения:

за состоянием здоровья человека, средой обитания, включая биологические, химические, физические, социальные и иные факторы;

за природно-климатическими факторами, источниками антропогенного воздействия на окружающую среду;

за радиационной обстановкой;

за состоянием охраны и условий труда;

за структурой и качеством питания, безопасностью пищевых продуктов и др.

Проведение социально-гигиенического мониторинга возложено на органы Госпотребнадзора совместно с органами исполнительной власти и органами местного самоуправления.

В «Концепции демографического развития Российской Федерации на период до 2015 года», одобренной Правительством РФ, приведена характеристика здоровья населения и пути улучшения здоровья.

В неблагоприятной экологической обстановке проживает более половины населения, что приводит у части лиц к возникновению экологически обусловленных заболеваний. Вследствие неудовлетворительных условий труда распространены профессиональные и производственно обусловленные заболевания. В целом более половины всех заболеваний населения объясняется образом жизни, качество которого сейчас не вполне благополучно. По данным Министерства здравоохранения РФ состояние здоровья населения ухудшается. Так, в 1999 г. зарегистрировано 2,5 млн заболеваний туберкулезом, 1,7 млн — сахарным диабетом, 3,5 млн — психическими заболеваниями, 10,7 млн — костно-мышечной системы и соединительной ткани, 19,2 млн — сердечно-сосудистой системы, 9,3 млн — травм и отравлений (300 тыс. из них со смертельным исходом). Количество случаев с болезнями крови увеличилось в 2,5 раза, с заболеваниями мочеполовой системы — в 4 раза, органов дыхания — на 27,8 %. Количество курящих мужчин в возрасте до 40 лет увеличилось почти в 2 раза, растет число курящих подростков и женщин. Высока распространенность бытового пьянства, которое более чем в 70 % случаев является причиной несчастных случаев. Заболеваемость лиц, злоупотребляющих алкоголем, в 2 раза выше, чем заболеваемость непьющих лиц. Свыше 3 млн человек (особенно молодежь) употребляют наркотики, что является одной из главных причин заболеваний ВИЧ-инфекцией (СПИДом). Более 70 % людей не занимаются физкультурой, около трети имеют избыточную массу от нерационального питания.

В Санкт-Петербурге (по данным кафедры медицинской экологии СПб МАПО) доля неблагоприятного влияния на здоровье семьи экологических факторов составляет около 30 %, медицинских причин — 19 %, социальных факторов — 16 %, вредных производственных факторов — 15 % и жилищно-бытовых условий — 20 %. Из года в год увеличивается численность лиц, получающих инвалидность.

На общую инвалидность как последствие повреждения здоровья человека из-за перенесенных заболеваний и заболеваний от неблагоприятной среды обитания, повлиявшей на ухудшение его здоровья, более всего (почти 80 %) переводятся лица по сердечно-сосудистым заболеваниям. Причинами инвалидности являются также онкологические заболевания (около 6 %), болезни костно-мышечной системы и психические расстройства (по 2 — 3 %). Показатели инвалидности по профессиональным заболеваниям, составляющие около 0,1 %, находятся на двенадцатом месте.

Общая смертность населения в стране возросла по сравнению со смертностью в развитых странах в 1,5 раза по таким заболеваниям как сердечно-сосудистые, онкологические, травмы от несчастных случаев, включая автотранспортные травмы и отравления (в том числе от отравлений алкоголем). Рост смертности имеет место почти во всех субъектах РФ. Наблюдается высокая смертность лиц трудоспособного возраста (из них около 80 % — мужчины). Они умирают в четыре раза чаще, чем женщины в нашей стране и в 2 — 4 раза чаще, чем женщины в развитых странах. Младенческая смертность у нас в 2 — 3 раза выше, чем в развитых странах. Более половины причин смертности среди населения страны приходится на сердечно-сосудистые заболевания, по 13—15 % — на травмы, отравления и онкологические заболевания, а на заболевания органов дыхания и пищеварения — по 3 — 5 %.

О состоянии здоровья работающего населения можно, в частности, судить по показателям заболеваемости с временной утратой трудоспособности, которая

подтверждается листком нетрудоспособности (больничным листком), выдаваемым лечебно-профилактическим учреждением. Такими показателями являются число случаев заболеваний и дней нетрудоспособности на 100 работников, средняя продолжительность одного случая в днях нетрудоспособности, структура заболеваний по случаям заболеваний и по дням нетрудоспособности. В России показатели заболеваемости работников увеличиваются.

Что касается структуры по числу случаев заболеваний, то она выглядит следующим образом. На первом месте находятся заболевания органов дыхания, они имеются примерно у каждого четвертого работника. Эта группа устойчивая в количественном отношении и поэтому ее удельный вес меняется мало. На втором месте — травмы и отравления, а также заболевания опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы. Каждое из этих заболеваний составляет около 15—17% и их число из года в год увеличивается. Сердечно-сосудистые заболевания занимают около 10%, заболевания желудочно-кишечного тракта — около 7—8%. Все указанные заболевания являются самыми распространенными, составляя около трех четвертей всех заболеваний. Количество остальных заболеваний — женской половой сферы, мочеполовых органов, органов слуха и зрения, кожных покровов и других колеблется от десятых долей до 3—4 %.

**Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения.** Наиболее частыми загрязнителями атмосферного воздуха в городах являются такие химические соединения как **диоксиды серы и азота, оксид углерода, тяжелые металлы (свинец, ртуть), взвешенные вещества (пыль, дым и пр.), углеводороды**, в том числе канцерогенные. Их источниками служат промышленные предприятия и транспортные средства, продукты сжигания топлива на электростанциях. Совокупность некоторых из них под действием солнечного излучения приводит к образованию в воздухе **фотооксидантов**. Это в свою очередь способствует снижению им-муно-защитной функции организма, ухудшению показателей физического развития, повышению общей заболеваемости населения, особенно детей и лиц старшего возраста, и увеличению смертности. Ниже приведена ориентировочная численность населения, млн чел., проживающего на территориях с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха некоторыми вредными веществами.

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами предприятий оказывает вредное воздействие в виде ухудшения здоровья и работоспособности, способствует ухудшению условий жизни населения. В связи с этим возрастает частота хронических неспецифических заболеваний бронхолегочной системы, становятся более тяжелыми сердечно-сосудистые и другие заболевания.

В последнее время периодически отмечаются случаи появления **раздражающих туманов**, которые содержат комплексы **органических соединений серы**.

Описаны вспышки бронхиальной астмы у лиц, ранее не болевших, связанные с отравлениями выбросами нефтеперерабатывающих заводов или продуктами сжигания мусора. Отмечены аллергические реакции у населения в зоне выбросов заводов микробиологической промышленности.

В настоящее время нельзя не считаться с вредным действием канцерогенных веществ на организм человека. **Если в 1940 г. рак бронхолегочной системы занимал 12-е место среди всех форм рака, то в 1960 г. — уже 5-е место, а в 1980 г. — 2-е место. Это связывают с увеличением содержания в воздухе городов канцерогенов.**

Запыленность воздуха уменьшает солнечное излучение на 15—20 %, причем УФ-излучение летом снижается на 5 %, зимой — на 30 %, а в условиях тумана эти потери достигают 90 %. Атмосферные загрязнители неблагоприятно воздействуют на растительность. Они вызывают нарушение процессов жизнедеятельности растений и в конечном счете их гибель. С гибелью зеленых насаждений («легких» города)



**перестает действовать фильтр, очищающий воздух, так как на растениях осаждаются взвешенные частицы и газообразные примеси.**

Согласно СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы — предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений химических и биологических веществ, соблюдение которых обеспечивает отсутствие прямого или косвенного влияния на здоровье населения и условия его проживания.

В жилой зоне и на других территориях проживания должны соблюдаться ПДК и 0,8 ПДК (в местах массового отдыха населения, на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений).

Предотвращение появления запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций у населения, а также острого влияния атмосферных загрязнений на здоровье в период кратковременных подъемов концентраций обеспечивается соблюдением максимальных разовых ПДК (ПДК<sub>мр</sub>).

Предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье населения при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм обеспечивается соблюдением среднесуточных ПДК.

**Влияние загрязнения воды на здоровье населения.** Вода — один из самых важных элементов окружающей среды, она необходима для жизни. Обезвоживание ведет к необратимым последствиям и гибели организма.

Несмотря на относительно большие мировые запасы пресной воды, на 35 сессии Генеральной ассамблеи ООН было отмечено, что более 1 млрд человек испытывают острый дефицит доброкачественной воды для питьевых и хозяйственно-бытовых целей. Первая причина нехватки воды заключается в том, что источники воды, пригодной для питья, распределены крайне неравномерно как в целом на Земле, так и в отдельных странах. Так, в РФ до 60 % пресной воды сосредоточено в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и на европейском Севере, где проживает лишь 30 % населения страны и менее сконцентрированы промышленность и сельское хозяйство. В настоящее время потребность в пресной воде составляет около 1300 км<sup>3</sup>/год, что составляет практически половину восстанавливаемых запасов. Вторая причина связана не с абсолютным уменьшением количества воды, а со снижением ее качества в результате загрязнения микроорганизмами и химическими веществами при поступлении в водоемы хозяйственно-фекальных, промышленных и сельскохозяйственных сточных вод.

Экспертами ВОЗ установлено, что 80% всех болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения. Распространенность инфекционных заболеваний, передающихся через воду, чрезвычайно велика — около 2 млрд человек. Особенно опасная обстановка складывается в сельских районах, где только третья часть жителей имеет доступ к безопасным системам водоснабжения и лишь 13 % обеспечены канализацией.

Заболевания, передаваемые через воду, весьма многочисленны. Все их можно разделить на несколько групп. В первую очередь это кишечные инфекции бактериальной природы, к которым относятся **холера, брюшной тиф, дизентерия** и др.

Многие вирусные инфекции распространяются водным путем. Это **инфекционный гепатит (болезнь Боткина), полиомиелит, аденовирусные и энтеровирусные инфекции**. Наибольшее значение водный путь передачи имеет для инфекционного гепатита, вызываемого вирусом типа А. Он устойчив к большинству дезинфицирующих средств, а при кипячении погибает лишь через 30 — 60 мин. В связи с этим стандартные способы очистки и обеззараживания воды не всегда достаточно эффективны против вируса гепатита. Вспышки заболевания чаще бывают в тех

населенных пунктах, где в хозяйственно-бытовых целях используют мелкие поверхностные источники, а дезинфекции воды не уделяют должного внимания.

Среди населения встречаются заболевания, относящиеся к **лептоспирозам**. Носителями инфекции чаще всего являются грызуны, иногда крупный рогатый скот, свиньи. Человек заражается через воду непроточных водоемов (озер, прудов, болот) и грунтовых колодцев, загрязненную выделениями животных. Возбудители инфекции поступают в организм через желудочно-кишечный тракт, а также при купании через слизистые оболочки губ, рта, носа и поврежденную кожу.

**Протозойные инвазии**, то есть заболевания простейшими, встречаются в основном в жарком климате. Выраженные формы заболевания проявляются относительно редко, хотя носительство в зависимости от санитарного благополучия может превышать 15%. Это амёбная дизентерия и др. Они развиваются как острые заболевания, переходящие в хроническую форму при поступлении простейших с питьевой водой. **Лямблиоз** является практически бессимптомным заболеванием, отмечаются боли в животе, нарушения пищеварения. Носительство лямблий среди населения весьма велико и в среднем составляет около 15 %, а в детских коллективах с неблагоприятными гигиеническими условиями превышает 30 — 40 %.

Ко второй группе можно отнести заболевания, обусловленные необычным минеральным составом природных вод. В организм человека с водой поступает солей до 20 г/сут, что приблизительно равняется норме поступления солей с пищей. Таким образом, количество поступающих солей практически удваивается. Для сравнения можно отметить, что каждый житель Москвы в сутки получает с водой около 800 мг солей, Санкт-Петербурга — 190 мг, а Мурманска — 60 мг. Длительное использование для питья высокоминерализованных вод, содержащих хлоридо-сульфато-натриевые соли, приводит к ряду изменений в организме: снижению диуреза, **задержке воды в тканях, отекам**, нарушениям водно-электролитного баланса и деятельности желудочно-кишечного тракта. Однако употребление излишне деминерализованной (мягкой), а тем более дистиллированной воды также неблагоприятно для организма. Такая вода имеет сниженные вкусовые свойства. Ее длительное использование вызывает увеличение содержания электролитов, изменения в сердечно-сосудистой системе, зубах; ПДК общей минерализации (сухой остаток) в питьевой воде составляет 500-1000 мг/л.

Наряду с общей минерализованностью большое значение имеет жесткость воды. Показано, что употребление питьевой воды с жесткостью 20 — 25 ммоль/л нарушает кальциевый обмен, что обуславливает предрасположенность к образованию камней в почках и мочевом пузыре.

В последние десятилетия во многих странах мира (Япония, Великобритания, Канада, Россия) изучают зависимость между жесткостью питьевой воды и развитием сердечно-сосудистых заболеваний у населения. По данным ВОЗ, сообщения из ряда стран свидетельствуют о существовании обратной статистической корреляции между жесткостью питьевой воды и уровнем смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы. В зонах, обеспечиваемых мягкой питьевой водой, почти повсеместно более широко распространены атеросклероз, гипертоническая болезнь, а также чаще отмечаются случаи внезапной смерти от поражения сердечно-сосудистой системы.

Довольно часто в воде подземных источников, особенно нецентрализованного водоснабжения, встречаются нитриты и нитраты почвенного происхождения. Нитриты более токсичны, чем нитраты, но в обычных условиях очень нестойки. Нитраты как более устойчивые соединения имеют в питьевой воде ПДК приблизительно 45 мг/л. В организме нитраты под воздействием кишечной микрофлоры восстанавливаются до нитритов, которые, в свою очередь, соединяясь с гемоглобином, образуют стойкое соединение метгемоглобин, что обуславливает резкое снижение транспорта кислорода и вызывает гипоксию тканей. В норме в организме человека 1 — 2 % гемоглобина

находится в такой форме. Если это значение превышает 10%, наблюдаются клинические проявления гипоксии.

Есть еще одна сторона поведения нитросоединений в организме. Нитраты, как отмечалось, легко превращаются в нитриты, в то время как нитриты в дальнейшем соединяются с поступающими с пищей аминами и амидами. В результате образуются нитрозамины выраженными канцерогенными свойствами. Нитрозамины оказывают также токсическое действие, а некоторые из них обладают мутагенными свойствами.

Итак, обеспечение населения доброкачественной питьевой водой позволяет решить следующие проблемы:

предупредить роль воды как фактора передачи и последующего возникновения инфекционных заболеваний;

предупредить этиологическую роль воды в возникновении заболеваний, связанных с избыточным или недостаточным поступлением в организм химических веществ, обладающих аллергенным, канцерогенным, токсическим и иным действием;

исключить роль воды в возникновении нервно-психических перегрузок, связанных с ее неудовлетворительными органолептическими свойствами как природного, так и искусственного происхождения.

Кроме того, доброкачественная вода необходима для обработки пищевых продуктов, изготовления лекарственных средств, содержания домашних животных, личной гигиены, поддержания санитарного состояния жилища, для полива зеленых насаждений, выполнения технологических процессов при производстве пищевых продуктов, напитков и т.д. Другими словами, для сохранения здоровья человека, создания оптимальных условий для его хозяйственно-бытовой и производственной деятельности должна использоваться вода хорошего качества, то есть благоприятная по органолептическим свойствам, безвредная по химическому составу и безопасная в эпидемиологическом отношении.

В 2001 г. в России приняты действующие в настоящее время первые Санитарные правила и нормы — **СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»**, учитывающие современное санитарно-эпидемиологическое состояние окружающей среды, высокие требования к качеству питьевой воды и контролю за ним (табл. 3.5, 3.6). Санитарные правила применяются в отношении воды, подаваемой централизованными системами водоснабжения и предназначенной для потребления населением в питьевых и бытовых целях, для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов, их хранения и торговли, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества. Кроме того, в воде в целях радиационной безопасности соответственно нормативам, установленным по показателям общей  $\alpha$ -и  $\beta$ -активности, определяется содержанием радиоактивных веществ с общим  $\alpha$ -излучением не выше 0,1 Бк/л и общим  $\beta$ -излучением не выше 1,0 Бк/л воды.

**Влияние почвы на здоровье населения и санитарные условия жизни.** Почва как неотъемлемая часть экологической системы является важнейшим компонентом обитания человека и животных. Она состоит из минеральных, органических и органоминеральных соединений, а также из воздуха, почвенных растворов и микроорганизмов. Это огромная естественная лаборатория, в которой непрерывно протекают самые разнообразные сложные процессы разрушения синтеза органических веществ, фотохимические процессы. В ней также образуются различные новые органические и неорганические соединения. В почве размножаются и гибнут патогенные бактерии, вирусы, простейшие, гельминты, многие насекомые и их личинки. Почва используется для очистки и обеззараживания жидких загрязненных и зараженных сточных вод, нечистот и мусора населенных мест, оказывает большое влияние на климат местности, микрорельеф,

развитие растительности и другие местные особенности, на строительство, планировку населенных мест и отдельных зданий, их благоустройство и эксплуатацию.

В почву попадает различное количество пестицидов, структурообразователей почвы, поверхностно-активных веществ (ПАВ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), промышленных, бытовых сточных вод, выбросов промышленных предприятий, транспорта с последующей миграцией этих веществ в растения, атмосферный воздух, питьевую воду. Она является одним из основных путей передачи некоторых инфекционных, паразитарных и неинфекционных заболеваний. Почва может прямо или опосредованно оказывать токсическое, аллергенное, канцерогенное, мутагенное и другое воздействие на организм человека.

Из сказанного следует, что почва имеет большое гигиеническое значение и является главным фактором формирования естественных и искусственных местностей, играющих ведущую роль в возникновении и профилактике эндемических заболеваний; естественной, наиболее подходящей средой для обезвреживания жидких и твердых отходов; средой, обеспечивающей циркуляцию применяемых в сельском хозяйстве и промышленности химических веществ; одним из источников химического и биологического загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, а также растений, используемых человеком для питания; фактором передачи инфекционных заболеваний.

Токсикологическое значение почвы велико. Химический состав почвы весьма сложен, в ней есть минеральные (неорганические) и органические вещества. В минеральный состав почвы входят в меньшем или большем количестве практически все элементы Периодической системы Д. И. Менделеева. Это обуславливает изменение минерального состава воды и многих растений, что сказывается на поступлении минеральных веществ в животный организм. Обеспеченность микроэлементами организма человека обусловлена их содержанием в почве, воде и пищевых продуктах, их количественным соотношением и усвояемостью. Большая часть микроэлементов поступает в организм с пищевыми продуктами растительного происхождения.

Разнообразие ландшафтов и природных зон определяет особенности круговорота и накопление атомов тех или иных химических элементов в почве. Дефицит, избыток или дисбаланс содержания микроэлементов могут приводить к развитию специфических заболеваний, известных под названием геохимических эндемий.

Борный энтерит — эндемическое заболевание желудочно-кишечного тракта людей и животных в регионах с повышенным содержанием бора в окружающей среде, особенно в растениях. Встречается в Западной Сибири, в степных районах Омской, Новосибирской, Павлодарской областей, а также Алтайского края. Распространенное представление о химической инертности этого микроэлемента неверно. В частности, широко используемая борная кислота, ошибочно считавшаяся безвредной, легко всасывается и депонируется в мозге, печени, жировой ткани. Острая интоксикация соединениями бора, в частности дибораном, вызывает острый бороз с симптомами литейной лихорадки — чувством сдавления грудной клетки, кашлем, тошнотой, ознобом. Еще более токсичен пентаборан, вызывающий поражение ЦНС (возбуждение, тремор, судороги), а также снижение артериального давления, аритмию, сердечную недостаточность, нарушение дыхания, функции печени, почек.

Загрязнение почвы — это появление в ней химических соединений, не являющихся ее естественной составной частью и несвойственных почве данного типа. Внесение в почву огромного количества химических удобрений, пестицидов, промышленных отходов способствует образованию искусственных геохимических провинций с измененным составом и свойствами почвы. Около промышленных предприятий образуются техногенные биохимические провинции с повышенным содержанием в биосфере свинца, мышьяка, фтора, ртути, кадмия, марганца, никеля и других элементов, представляющих реальную опасность прямого и косвенного влияния на организм.

Пылегазовые выбросы промышленных предприятий загрязняют почву в радиусе до 60—100 км. Увеличенные концентрации канцерогенного углеводорода бенз(а)пирена наблюдаются в почве нефтехимических комбинатов, сажевых и коксохимических заводов. Употребление овощей, выросших на этих территориях, повышает риск онкологических заболеваний.

В радиусе 2 км от ртутного комбината содержание ртути в почве увеличено в 330 раз по сравнению с природным количеством (15 мг/кг). При содержании ртути в почве около 30—40 мг/кг ее количество в овощах (картофель, морковь) достигает 0,4—1,4 мг/кг, это в 25 — 87 раз выше содержания ртути в овощах, выросших на незагрязненной почве. Длительное поступление повышенных количеств ртути в организм людей обуславливает повышение содержания этого металла в тканях, снижение иммунореактивности, повышение общей заболеваемости.

Выбросы суперфосфатных заводов загрязняют почву фтором, мышьяком, железом, цинком, медью. Содержание этих элементов в почве и растениях на расстоянии до 5 км в 5 — 45 раз выше природного количества. У населения, проживающего в районе завода и не связанного с производством, отмечены увеличенное содержание мышьяка в волосах (в 29 раз выше обычного) и выделение его с мочой. Установлено повышение заболеваемости взрослых и ухудшение состояния здоровья детей.

Почва имеет большое эпидемиологическое значение. В ней могут находиться и передаваться человеку контактным и непрямым (через пыль, воду, животных, пищевые продукты, напитки) путем возбудители многих инфекционных заболеваний, а также яйца и личинки гельминтов.

Поэтому необходимо постоянно наблюдать за состоянием почвы, выбрав для контроля приоритетные загрязняющие вещества, и разрабатывать концепцию ее охраны. Этот выбор определяется, прежде всего, степенью опасности и токсичности загрязнителей их влиянием на здоровье человека.

#### **Источники химических загрязнений среды обитания.**

В ряде стран получены в целом сходные данные о том, какую часть суток люди проводят в помещениях, т. е. в закрытой среде. Оказалось, что для большинства людей эта доля чаще всего составляет более 80%, причем жилые непромышленные помещения это та среда, в которой люди проводят большую часть жизни.

Особую актуальность представляет проблема качества воздуха жилых и общественных зданий, т.е. совокупность влияющих на здоровье человека качественных характеристик воздушной среды внутри помещений. Эта проблема приобретает все большее значение в силу следующих причин:

- стремления в целях экономии энергии строить принципиально новые и реконструировать старые здания с учетом максимально возможного снижения теплопотерь и повышения шумозащищенности, что приводит к значительному снижению воздухообмена, увеличению степени герметичности помещений и, как следствие, к повышению концентраций загрязняющих веществ в них;
- широкого использования в строительстве, при изготовлении мебели, покрытий для стен и полов из синтетических материалов, являющихся источниками выделения в воздушную среду помещений различного рода химических веществ.

Качественно-количественный анализ содержания компонентов, загрязняющих воздушную среду жилых и общественных зданий, показал одновременное присутствие в ней сотен химических веществ различных классов опасности. Количественные характеристики суммарного химического загрязнения воздушной среды жилых и общественных зданий зависят:

- от уровня и характера загрязнения атмосферного (наружного) воздуха в районе расположения жилых и общественных зданий;
- степени насыщенности помещений полимерными материалами и средствами бытовой химии;

- наличия газовых приборов;
- количества находящихся в помещении людей и длительности их пребывания;
- срока эксплуатации зданий;
- температуры воздушной среды;
- кратности воздухообмена.

Все источники загрязнения воздушной среды помещений можно разделить на внешние и внутренние. В отличие от атмосферного (наружного) воздуха, воздух жилых помещений содержит значительно большее число химических веществ, причем нередко в концентрациях, в 2—10 раз превышающих концентрации тех же веществ в атмосферном воздухе. Существуют загрязнители преимущественно наружного или преимущественно внутреннего происхождения.

Вот некоторые загрязнители воздуха, источники которых находятся в основном внутри или вне помещений.

**Внутренние источники:**

- антропоксины;
- аммиак;
- асбест;
- бытовая пыль;
- бензол и его производные;
- никотин;
- радон;
- формальдегид.

**Внешние источники:**

- окислы серы;
- продукты фотохимических реакций (фотооксиданты);
- продукты выхлопных газов автомобилей;
- пыльца растений;
- свинец и другие металлы.

Детальный анализ источников поступления загрязнителей в воздушную среду помещений позволил установить, что эти загрязнители представляют собой:

- соединения, выделяющиеся из строительных конструкций зданий и почвы под ними;
- продукты деструкции (старения) полимерных материалов, использованных в строительстве и при отделке помещений;
- продукты неполного сгорания бытового газа;
- антропоксины, выделяющиеся в процессе жизнедеятельности человека;
- продукты, образующиеся при курении табака;
- вещества, образующиеся при приготовлении пищи;
- вещества, выделяющиеся из средств бытовой химии (стиральные порошки), косметических средств и др.;
- применяющиеся в быту пестициды;
- вещества, загрязняющие обувь и верхнюю одежду, в первую очередь рабочую;
- летучие вещества, содержащиеся в водопроводной воде (сероводород, радон).

Ниже приводится краткая характеристика некоторых наиболее значимых источников поступления химических веществ в воздушную среду жилых и общественных зданий.

**Полимерные материалы.** В настоящее время это, один из наиболее значимых источников загрязнения внутренней среды химическими веществами. Полимерные материалы (только в строительстве номенклатура их достигает более 150 наименований) повсеместно применяются для гидроизоляции, теплоизоляции и герметизации, покрытия полов, отделки стен, изготовления оконных блоков и дверей. Не менее широко они используются и в быту. Это прежде всего, современная мебель, изготовленная с применением древесно-стружечных плит (ДСП), ковры и ковровые изделия из химических волокон, линолеумы, лакокрасочные покрытия, синтетические клеи, замазки, шпатлевки и др.

Многокомпозиционный состав полимерных материалов определяет исключительное разнообразие химических веществ, поступающих в воздушную среду помещений. Наиболее значимыми в плане возможного неблагоприятного влияния на самочувствие и здоровье людей являются такие, чаще выделяющиеся из полимерных материалов вещества, как **формальдегид, стирол, бензол, толуол, фенол, ацетон, аммиак, циклогексан, бутилакрилати** др. Многие из них являются высокотоксичными соединениями (бензол, стирол, формальдегид), способными в десятых и сотых долях мг вызывать изменения различных систем и функций организма.

Полиморфизм токсического действия химических веществ, выделяющихся из полимерных материалов, порождает гамму ответных реакций организма, имеющих, как правило, неспецифический характер. Внешне это выражается в жалобах на головные боли, общее плохое самочувствие, хроническую усталость, чувство удушья. Хроническое действие комплекса веществ, загрязняющих воздух помещений, даже в малых концентрациях способствует снижению иммунного статуса организма, может служить причиной развития аллергических заболеваний.

Среди пластмасс можно выделить 4 основные группы:

-поливинилхлорид (ПВХ)

-пенопласт

-полиэтилен

-поролон.

**ПВХ** – самый распространенный синтетический материал. Это и стройматериалы, и окна, и линолеум, виниловые обои, водопроводные трубы, кухонные мойки, цветочные горшки. Маркировка по европейским стандартам : треугольник с цифрой 03 внутри, а под ним знак PVC. Структура ПВХ - соединенные в цепи молекулы винилхлорида. При его полимеризации часть молекул остается свободными и выделяются из готового изделия, могут вызвать рак и отрицательно воздействуют на дыхательные пути. Кроме того в ПВХ добавляют пластификаторы, красители и т.п., которые содержат тяжелые металлы (кадмий и свинец). Огромная проблема – утилизация ПВХ, т.к. при сжигании они выделяют диоксины и соляную кислоту. Обезвредить эти выделения можно только при температуре сжигания не менее 800 градусов. Поэтому так опасен ПВХ при пожарах.. Европа начала отказываться от ПВХ. Некоторые области Германии запрещают использовать при государственном строительстве обои и кабель из пластика. Немецко-шведская компания «Tarkett» , известная своим линолеумом из ПВХ отказалась от этого материала и стала выпускать напольные покрытия из натуральных материалов.

**Пенопласт** – также экологически неблагоприятный вид пластика, по другому – полистирол. Используется в строительстве как утеплитель и изолятор (жидкий полистирол добавляют в штукатурку). Полистирол получают полимеризацией стирола – ядовитого соединения, обладающего нервно-паралитическим действием и являющегося канцерогеном. Готовые изделия содержат мономеры, свободно выделяющиеся из них. При горении стирол активно выделяется из полистирола. А транспортировать его на большие расстояния для утилизации экономически невыгодно.

**Поролон** – по- другому полиуретан, им наполняют матрасы и мягкую мебель.. Исходный продукт – диизоцианат (из которого синтезируют полиуретан), является сильнейшим аллергеном, который вместе с ядовитым цианистым водородом HCN выделяется из поролона при горении (1 кг пенополиуретана в 1 куб. м воздуха выделяет в 10 раз выше смертельной дозы HCN уже через 1 мин.). Поэтому поролон нельзя переплавлять как вторсырье, необходимо разлагать его химическим способом или перемалывать в муку и использовать как наполнитель технических изделий.

**Полиэтилен, полипропилен** – относительно безопасный пластик. Его можно сжигать, т.к. этилен не токсичен. Но применяют более 200 добавок к различным видам полиэтилена, не указывая их.. Они вырабатываются из нефти, обедняя ресурсы планеты. Ежегодно производят

3,5 млрд. пакетов из полиэтилена, а это 100 млн.литров нефти. Пластиковые бутылки из родственного ему полиэтилентерефталата (ПЭТ).

**Антропоксины.** Антропоксины — обобщенное название соединений, являющихся продуктами жизнедеятельности человека.

Это типичный внутренний источник загрязнения. В настоящее время известно около 400 таких соединений, поступающих с выдыхаемым воздухом и с поверхности тела человека в воздушную среду жилых и общественных помещений. Антропоксины относятся следующим группам химических соединений по классам опасности (укороченный перечень):

2 класс — высокоопасные вещества (диметил- и диэтиламин, сероводород, бензол, индол, меркаптан);

3 класс — умеренно опасные вещества (фенол, аммиак, органические кислоты, метанол и другие спирты гомологического ряда, метилстирол, винилацетат);

4 класс — малоопасные вещества (ацетон, метилэтилкетон, бутан, метил- и бутилацетат).

В обычных условиях эксплуатации жилых и общественных зданий накопления антропоксинов до уровней, способных вызывать ухудшение самочувствия человека, как правило, не происходит. Вместе с тем, в воздушной среде неветилируемых или слабо вентилируемых помещений при несоблюдении других санитарных норм концентрация антропоксинов может достигать величин, небезопасных для здоровья человека. Отрицательное действие этих загрязнителей начинает проявляться уже через 2—4 ч пребывания людей в помещениях, а на фоне загрязнения табачным дымом значительно раньше.

На скорость накопления антропоксинов большое влияние оказывает величина воздушного куба, высота потолка, количество людей и время их пребывания в помещении, а также температура окружающей среды.

**Газовые плиты и газонагревательные приборы.** Газификация жилищ в городах и сельских населенных местах, несомненно, способствует повышению степени их благоустройства, но одновременно является причиной существенного загрязнения воздушной среды продуктами неполного сгорания бытового газа. Без преувеличения можно сказать, что кухня с газовой плитой (ванна с газовым водонагревателем) является источником интенсивного загрязнения воздушной среды всех помещений квартиры не только продуктами сгорания газа, но и различного рода химическими веществами, возникающими при приготовлении пищи (особенно при жарке), кипячении белья и т.д. Сгорание бытового газа одновременно приводит и к значительному ухудшению микроклимата не только самой кухни, но и жилых помещений.

Только при часовом горении 2—3 газовых конфорок концентрация СО достигает 15 мг/м<sup>3</sup>, формальдегида — 0,037 мг/м<sup>3</sup>, окиси азота ~ 0,62 мг/м<sup>3</sup>, двуокиси азота — 0,44 мг/м<sup>3</sup>, бензола — 0,07 мг/м<sup>3</sup>, т.е. концентраций, превышающих для некоторых из этих веществ ЦДК в атмосферном воздухе в 10 и более раз. Температура воздуха при этом повышается на 3—6 °С, а влажность увеличивается на 10—15 %. Данные изменения внутренней среды помещений настолько стойки, что даже через 1,5—2 ч после выключения конфорок концентрации основных химических загрязнителей не возвращались к исходным величинам. Общеизвестно, что химические вещества (СО, NO<sub>2</sub>, формальдегид, ароматические углеводороды и др.), поступающие в воздух при сгорании бытового газа, могут существенно повлиять на здоровье проживающих в них людей. Хроническое воздействие этих токсических агентов приводит к расстройству здоровья; людей (головные боли, плохое самочувствие) и способствует повышению частоты и длительности заболеваний среди детей, что, безусловно, связано с отрицательным влиянием их на систему организма ребенка.

Газовые плиты являются существенным источником загрязнений жилой среды полициклическими ароматическими углеводородами, в том числе известным канцерогеном — бенз(а)пиреном (БП). Содержание этого канцерогена в воздушной среде кухни при работающей газовой плите (духовке) в три раза превышает ПДК его в



атмосферном воздухе. Неудивительно поэтому, что в условиях жилища население получает более половины общей годовой дозы БП.

**Табачный дым.** Одним из наиболее распространенных источников загрязнения воздушной среды помещений является табачный дым. О вреде курения для самих курильщиков и некурящих членов их семей (или коллег) знают все, но это пока не приводит к изменению ситуации в лучшую сторону — число курящих в стране, особенно среди молодежи, все еще неуклонно растет.

При анализе воздуха, загрязненного табачным дымом, обнаружено около 4 тыс. химических соединений. Наиболее высокими оказались концентрации таких токсичных и опасных веществ, как **стирол, бензол, ксилол, этилбензол, гидразин, никотин, сероводород, фенол, акролеин, ацетилен** и др. В значительных концентрациях в табачном дыме присутствуют **канцерогенные вещества**, в частности, БП и N-нитрозамины, а также радиоактивный элемент **полоний-210** и ряд неорганических соединений: **окись углерода, окислы азота, двуокись серы, взвешенные вещества**.

Такое количество химических веществ различных классов в табачном дыме, а, следовательно, и в загрязненном им воздухе жилых общественных помещений, в которых человек проводит большую часть своего времени, не может не отразиться на состоянии его здоровья. Хроническое действие табачного дыма вызывает раздражение глаз, способствует увеличению частоты респираторных заболеваний, развитию раковых заболеваний, в первую очередь рака легких. Особенно опасен табачный дым в сочетании с асбестом и радоном, как правило, присутствующими в воздухе жилых помещений.

Не меньшую опасность для здоровья представляет так называемое пассивное курение, в первую очередь для лиц, относящихся к группе повышенного риска, — дети, беременные женщины, больные, страдающие хроническими заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой системы. Число случаев смерти от пассивного курения (за счет болезней сердца, рака легких и прочих онкологических заболеваний) даже в развитых странах достигает внушительных величин (например, в США — 52 700 в год, в Польше — 11 500 в год).

Большинство загрязнителей одновременно присутствует в воздушной среде помещений в тех или иных количествах. Их действие характеризуется широким спектром ответных реакций человека, начиная от головной боли и кончая летальным исходом. Рассмотрим более подробно характер их действия на человека.

**Радон.** Радон<sup>222</sup> считается второй по значимости (после курения) причиной рака легких у человека. Наиболее опасно воздействие радона на детей и молодых людей в возрасте до 20 лет.

Радон<sup>222</sup> является естественным продуктом распада радия<sup>226</sup> — природного радионуклида, присутствующего в почвах различного состава в различных концентрациях.

Этот тяжелый газ (в 7,5 раз тяжелее воздуха) без цвета и запаха постоянно просачивается из почвы и накапливается в подвальных жилых и административных зданиях.

Основное канцерогенное действие оказывает не сам газ, а дочерние продукты его распада — полоний<sup>214</sup> и полоний<sup>218</sup>, являющиеся источниками альфа-излучения. Эти продукты распада адсорбируются на мельчайших частицах пыли, которые с током воздуха через трещины и щели проникают из подвалов в жилые помещения, главным образом первых этажей. Почвы являются основным, но не единственным источником поступления радона в жилые помещения. «Радоновая нагрузка» на жилые помещения может быть представлена следующим образом:

- грунт под зданием и строительные материалы — 78 %;
- наружный воздух 13 %;
- используемая в доме водопроводная вода (особенно артезианская) - 5 %;
- природный газ — 4 %.

Вторым по значимости источником радона в жилище являются строительные материалы. Традиционные материалы, такие как дерево, кирпич и бетон выделяют немного радона. Вместе с тем, все более широко используемые в строительстве материалы на основе

промышленных отходов (золы, шлаки и т.д.) могут выделять значительные количества радона, небезопасные для здоровья человека.

Известен негативный зарубежный опыт применения с этой целью отходов производства алюминия, доменного шлака, золы, образующейся при сжигании угля, побочных продуктов переработки фосфорных руд и др. Только после того, как были построены тысячи жилых домов с использованием этих материалов, выяснилось, что они обладают повышенной радиоактивностью. Об этом же свидетельствует и отечественный опыт подобного строительства.

Таким образом, основную часть дозы облучения от радона человек получает в закрытых помещениях, где его концентрация в 8—10 раз выше, чем в наружном воздухе. Существенное увеличение концентрации радона в помещениях обычно наблюдается в зимний период в силу ухудшения режима проветривания.

Следует подчеркнуть, что выявлен ярко выраженная связь между действием радона и курением, проявляющийся в 10-кратном увеличении риска развития рака легких у курильщиков по сравнению с некурящими при том же уровне радона в помещениях.

Осознание опасности радона для здоровья послужило основанием для установления Минздравом России строгого регламента содержания его в воздухе жилищ: (беккерель характеризует радиоактивность – количество ядерных превращений в секунду)

во вновь строящихся домах не более 100 Бк/м<sup>3</sup>;

для существующих жилищ не более 200 Бк/м<sup>3</sup>.

1 Бк равен 1 распаду в секунду.

В случаях, если не удастся снизить концентрацию ниже 400 Бк/м<sup>3</sup>, решается вопрос о переселении жильцов.

Приведем практические рекомендации по предотвращению накопления опасных для здоровья концентраций радона в помещениях:

- определение исходного уровня радиоактивности грунта под предполагаемое строительство, в первую очередь I — 2-этажных домов и загородных дач;
- использование в строительстве традиционных материалов;
- герметизация пола и стен подвальных и полуподвальных помещений, организация эффективной вентиляции подвалов; -
- проветривание жилых помещений, особенно первых этажей зданий.

**Формальдегид.** Формальдегид широко распространен в среде обитания человека и практически всегда присутствует в больших или меньших концентрациях в воздухе жилых и общественных помещений. Причина этого — высокая летучесть и многочисленность источников его образования внутри помещений.

Главным источником являются строительные и отделочные материалы на полимерной основе, домашняя и офисная мебель, синтетические покрытия полов и стен, в состав которых входит мочевиноформальдегидная смола. На основе формальдегида изготавливаются также карбамидные, фенольные, полиацетатные и другие пластики и смолы, используемые в строительстве. Небольшие количества формальдегида образуются в процессе горения бытового газа, содержатся в табачном дыме, некоторых косметических средствах (в качестве консерванта), в стерилизующих и дезинфицирующих препаратах.

При оценке значения различных источников в формировании «формальдегидной нагрузки» на человека оказалось, что в условиях квартиры ее обитатели в некоторых случаях могут быть подвергнуты воздействию формальдегида в степени, сопоставимой с промышленной вредностью.

Вместе с тем, не следует забывать, что формальдегид относится к веществам, обладающим выраженной токсичностью. Он не только вызывает раздражение конъюнктивы глаза и слизистой верхних дыхательных путей, но и является протоплазматическим ядом и активным сенсibilизатором. У части населения (до 10 %) формальдегид может вызывать аллергические реакции на коже и поражение дыхательных путей. Установлено его негативное

действие на менструальный цикл и протекание беременности, на уменьшение послеродового веса детей. Он приводит также к снижению иммунитета организма, в первую очередь детского, является доказанным мутагеном.

По современным представлениям формальдегид относится к веществам, вероятно канцерогенным для человека (по классификации МАИР группа 2А). Учитывая высокую степень опасности формальдегида для здоровья человека с одной стороны, и постоянство его присутствия в воздушной среде современных помещений с другой, он стал объектом первого гигиенического регламента, установленного для токсического вещества в воздухе жилища. ПДК формальдегида принята равной 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

**Оксид углерода** (монооксид углерода, СО). Оксид углерода постоянно присутствует в воздушной среде жилых помещений, достигая иногда значительных концентраций (до 40 мг/м<sup>3</sup> в обычных условиях квартир).

Источниками поступления СО являются:

- выхлопные газы автомобилей (внешний источник);
- горение бытового газа в кухонных конфорках и водонагревательных колонках (внутренний источник).

В основе токсического действия СО лежит, как известно, его способность связываться с гемоглобином, в результате чего образуется карбоксигемоглобин и, как следствие, возникает гипоксия различной степени выраженности. Влияние высоких концентраций СО на человека хорошо известно. Вопросы клиники, диагностики, лечения и последствий острого действия СО исчерпывающе рассмотрены в многочисленных руководствах. Вместе с тем, действие сравнительно невысоких концентраций СО, обычно встречающихся в воздушной среде помещений, изучено недостаточно.

Установлено, что СО обладает способностью связываться с гемоглобином крови.

Содержание карбоксигемоглобина в крови на уровне 2,5 % признано в настоящее время безопасным для здоровья человека. При более высоких

(3—5 %) уровнях содержания карбоксигемоглобина у людей, чувствительных к гипоксии, наблюдаются нарушения бодрствования, восприятия, выполнения тонких работ и ряда поведенческих реакций. Это, по всей вероятности, является следствием слабовыраженной гипоксии головного мозга.

Наиболее восприимчивыми к воздействию СО оказались больные, страдающие хроническими заболеваниями сердечнососудистой и дыхательной системы. Особенно чувствительны к дополнительной гипоксии больные, страдающие ишемическим миокардом. Кроме больных с заболеваниями сердца и легких, особому риску воздействия СО могут подвергаться и другие группы, такие как больные анемией, лица пожилого и старческого возраста, больные в послеоперационном периоде, больные, страдающие атеросклерозом сосудов головного мозга. Даже в небольших концентрациях СО оказывает неблагоприятное влияние на развитие плода, способствует рождению маловесных детей.

Представляет практический интерес и проблема опосредованной опасности СО. К сожалению, мало кто знает, что в донорской крови уровень карбоксигемоглобина нередко достигает значительных величин (до 18 % и более). Переливание такой крови во время операций у детей или лиц с нарушенной системой транспорта кислорода или недостаточным сердечно-сосудистым резервом может привести к потенциально опасному снижению кислорода в крови.

Следовательно, есть все основания предполагать, что СО в сравнительно небольших концентрациях, особенно в сочетании с другими факторами, действующими в условиях жилища, может служить причиной возникновения, ускорения или утяжеления течения различных заболеваний, в первую очередь сердечно-сосудистых и легочных. С целью охраны здоровья населения, в том числе лиц, страдающих хроническими заболеваниями, ВОЗ рекомендован допустимый уровень содержания карбоксигемоглобина в крови, равный 2,5 %.

**Асбест.** Асбест — это природный волокнистый материал, легко поддающийся переработке в длинные, тонкие и прочные огнеупорные, химически инертные волокна. Эти и другие его

свойства послужили причиной широкого использования асбеста в различных отраслях хозяйства, в первую очередь в строительстве, где ассортимент изделий из него достигает 3,5 тыс.: асбоцементные кровельные и изолирующие негорючие материалы для: отделки полов, внутренних перекрытий, вентиляционных каналов и др. В настоящее время в промышленно развитых странах, в том числе и в нашей стране, с применением асбеста построены миллионы жилых и общественных зданий.

При контакте с асбестом у людей возникает типичный пневмокониоз (асбестоз), опасность которого заключается в его продолжительном скрытом периоде, длящемся от 10 до 20 и более лет, и нередко заканчивающимся развитием злокачественных опухолей легких.

Достоверно установлено, что особую опасность представляет совместное действие асбеста и курения. Риск заболевания раком легких у лиц при таком сочетании возрастает в 100 раз по сравнению с некурящими и не имеющими контакта с асбестом лицами.

Несмотря на то, что асбоцементные плиты достаточно часто используются для отделки жилых помещений, они не представляют реальной опасности для здоровья, но только до тех пор, пока не нарушена их целостность. Волокна асбеста появляются в воздушной среде помещений в процессе ремонта, особенно с перепланировкой комнат, а также в результате образования трещин, обламывания или осыпания асбоцементных плит. Если не принять срочных мер по ликвидации этих дефектов, то загрязнение воздушной среды жилища волокнами асбеста будет не только постоянным, но и нарастающим, достигая опасных для здоровья величин. При этом необходимо помнить, что даже кратковременной экспозиции бывает достаточно, чтобы через много лет сформировалась злокачественная опухоль легких.

**Биоаэрозоли.** Воздух даже так называемой «чистой» комнаты, как правило, содержит сотни видов биологических загрязнителей получивших название биоаэрозолей. Одни из них попадают в дома снаружи, другие образуются внутри помещений. Биоаэрозоли чаще всего представлены пылью, пылевыми клещами, перхотью человека и животных, выделениями насекомых, грибами (спорами и мицелиями), бактериями и вирусами.

Большинство биоаэрозолей неинфекционны, но могут вызывать различного рода аллергические реакции, в первую очередь у сенсibilизированных лиц вследствие постоянного и длительного воздействия.

Реальная возможность переноса производственных вредных веществ с рабочего места домой в настоящее время не вызывает сомнения. Известны многочисленные случаи возникновения так называемых парапрофессиональных заболеваний у членов семей, в первую очередь у детей, причиной которых являлись загрязненные рабочая одежда и обувь.

Описаны случаи возникновения парапрофессиональных заболеваний у детей, родители которых работали на производстве, связанном с применением свинца. У детей были обнаружены клинические проявления свинцовой интоксикации, а в моче — высокое содержание этого металла. Похожие наблюдения сделаны и в отношении ртути, бериллия и других химических соединений, в частности асбеста. У женщин, мужья которых профессионально связаны с асбестом, отмечены случаи возникновения злокачественных опухолей легких.

Таким образом, человек даже в помещении постоянно подвергается воздействию целого ряда факторов различной природы и, как правило, малой интенсивности. Вместе с тем, их комбинированное действие может привести к развитию различного рода заболеваний или болезненных состояний.

#### **Адаптация человека к условиям окружающей среды. Характеристика процессов адаптации. Общие принципы и механизмы адаптации. Повышение устойчивости организма к факторам среды обитания.**

При рассмотрении роли восприимчивости организма к воздействию факторов окружающей среды (среды обитания человека) важное значение имеет понятие

гомеостаза, резистентности организма, механизмов саморегуляции, адаптации и компенсации.

**Гомеостаз** — динамическое постоянство внутренней среды и некоторых физиологических функций организма человека (терморегуляции, кровообращения, газообмена, обмена веществ и др.), поддерживаемое механизмами саморегуляции в условиях колебаний внутренних и внешних раздражителей.

Большой интерес представляют внешние раздражители. К ним относятся физические, химические, биологические, психогенные и другие факторы контактирующих с человеческим организмом объектов окружающей среды — температура, влажность, подвижность и химический состав воздуха, шум, вибрация, электромагнитное излучение, состав воды, пищи и др.

Основные константы гомеостаза (кислотноосновное равновесие, артериальное и внутричерепное давление, тепловое равновесие, газообмен и пр.) поддерживаются сложными механизмами саморегуляции, в которых участвуют нервная, эндокринная и другие системы, многочисленные рецепторы, реагирующие на изменения внутренней и внешней среды организма. С точки зрения биофизики саморегуляцию можно рассматривать как реакцию системы, открытой по отношению к внешней среде, т.е. свободно обменивающейся с последней энергией и веществом. При этом динамическое равновесие процессов притока и оттока вещества и энергии обеспечивает необходимый уровень стабильного состояния живой системы, постоянство внутренней среды и различных градиентов на ее границах, определяющих нормальное функционирование в данных условиях клеток, органов, систем и организма в целом.

Диапазон колебаний параметров окружающей среды, при котором механизмы саморегуляции функционируют без физиологического напряжения, относительно невелик. Например, обнаженный до пояса человек испытывает тепловой комфорт в пределах 18,8 — 27,6 ЭТ (эффетивная температура — тепловое ощущение человека при различных сочетаниях температуры, влажности, скорости движения воздуха). Оптимальный газообмен наблюдается при парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе в пределах 20-16,9 кПа.

При отклонении параметров факторов окружающей среды от оптимальных уровней механизмы саморегуляции начинают функционировать с напряжением, и для поддержания гомеостаза в процесс включаются механизмы адаптации.

**Адаптация** — способность организма приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды, выработанная в процессе эволюционного развития. Адаптация имеет большое значение для организма человека, так как позволяет ему не только приспосабливаться к значительным изменениям в окружающей среде, но и активно перестраивать свои физиологические функции, поведение в соответствии с этими изменениями, иногда и опережая их. Проблема адаптации приобрела огромное практическое значение в настоящее время, когда человек осваивает новые территории, работает на глубине (под землей, под водой), в условиях высокогорья, в космосе, когда происходят интенсивное изменение окружающей среды и ее загрязнение продуктами человеческой деятельности, требующие напряжения адаптационных сил организма.

Следует учитывать, что отсутствие раздражителей или их низкий уровень могут приводить к снижению адаптационных возможностей организма и **резистентности** — устойчивости, сопротивляемости организма воздействию внешних факторов. Так, отсутствие светового раздражителя может привести к снижению функции зрительного анализатора, звукового — к снижению слухового анализатора. Отсутствие речевого воздействия (врожденная глухота) делает человека немым. Человек, постоянно обеспеченный жилищем, одеждой, другими благами цивилизации, оторванный от природы, защищенный от ее раздражающих и повреждающих факторов, попадая в эти условия, тяжелее переносит действие различных факторов окружающей среды. Вследствие урбанизации, автоматизации и механизации производственных процессов в

настоящее время значительная часть населения находится в состоянии гиподинамии, испытывает мышечный голод, что приводит к детренированности организма, отрицательно влияет на состояние сердечно-сосудистой системы и т.д.

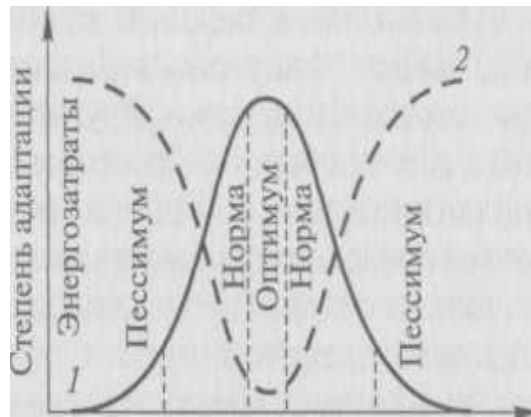
Неблагоприятные изменения в здоровье человека могут возникать значительно быстрее при воздействии на организм вредных и опасных факторов среды (радиация, физические и нервно-психические перегрузки, шум, химические соединения и пр.), к которым в процессе эволюции еще не выработались защитно-приспособительные механизмы. Социально обусловленные элементы окружающей среды (жилище, питание, материальная обеспеченность, уровень образования и культуры, социально-правовое положение и др.), так же как и природные факторы, влияя на здоровье, могут повышать или снижать его уровень. Так, работа с большими физическими нагрузками приводит к увеличению объема вдыхаемого воздуха, увеличивая поступление вредных веществ из воздуха ингаляционным путем. Утомление, переутомление снижают резистентность организма. В процессе адаптации осуществляется перестройка различных функций организма, обеспечивающих его приспособление к возрастающим физическим, химическим, психоэмоциональным и другим воздействиям.

### **Общие принципы и механизмы адаптации**

Существуют два типа приспособлений к внешним факторам. **Первый** заключается в формировании определенной степени устойчивости к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его действия. Это адаптация по типу толерантности (выносливость) — пассивный путь адаптации. **Второй** тип приспособления — активный. С помощью особых специфических адаптивных механизмов организм человека компенсирует изменения воздействующего фактора таким образом, что внутренняя среда остается относительно постоянной. Происходит адаптация по резистентному (сопротивление, противодействие) типу.

Помимо специфики фактора (влияние на те или иные процессы в организме), зависящей от его **физико-химической природы**, характер воздействия на организм и реакция на него со стороны организма человека во многом определяются **интенсивностью фактора**, его «дозировкой». Количественное влияние условий среды определяется тем, что такие факторы как температура воздуха, наличие в нем кислорода и других жизненно важных элементов, в той или иной дозе необходимы для нормального функционирования организма, тогда как недостаток или избыток того же фактора тормозит жизнедеятельность. Количественное выражение фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечивающее наиболее благоприятные условия для его жизни, рассматривают как оптимальное.

Специфические адаптивные механизмы, свойственные человеку, дают ему возможность переносить определенный размах отклонений фактора от оптимальных значений без нарушения нормальных функций организма (рис.3.1). Диапазон между этими двумя значениями называется пределами толерантности (выносливости), а кривая, характеризующая зависимость переносимости от величины фактора, называется кривой толерантности.



Количественное выражение фактора

Рис. 3.1. Принципиальная схема влияния количественного выражения факторов окружающей среды на жизнедеятельность организма:

1 — степень благоприятствования факторов для организма; 2 — энергозатраты на адаптацию

Зоны количественного выражения фактора, отклоняющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельности, определяются как **зоны нормы**. Таких зон две, соответственно отклонению от оптимума в сторону недостатка дозировки фактора и в сторону его избытка. Дальнейший сдвиг в сторону недостатка или избытка фактора может снизить эффективность действия адаптивных механизмов и даже нарушить жизнедеятельность организма. При крайнем недостатке или избытке фактора, приводящем к патологическим изменениям в организме, выделяют зоны пессимума (причинять вред, терпеть ущерб). Наконец, за пределами этих зон количественное выражение фактора таково, что полное напряжение всех приспособительных систем оказывается малоэффективным. Эти крайние значения приводят к летальному исходу, **за пределами этих значений жизнь невозможна**.

Адаптация к любому фактору связана с затратой энергии. В зоне оптимума адаптивные механизмы не нужны и энергия расходуется только на фундаментальные жизненные процессы, организм находится в равновесии со средой. При выходе значения фактора за пределы оптимума включаются адаптивные механизмы, требующие тем больше энергозатрат, чем дальше значение фактора отклоняется от оптимального. Нарушение энергетического баланса организма, наряду с повреждающим действием недостатка или избытка фактора, ограничивает диапазон переносимых человеком изменений.

Если внешние условия в течение достаточно длительного времени сохраняются более или менее постоянными, либо изменяются в пределах определенного диапазона вокруг какого-то среднего значения, то жизнедеятельность организма стабилизируется на уровне, адаптивном по отношению к этому среднему, типичному состоянию среды. Смена средних условий во времени или пространстве влечет за собой переход на другой уровень стабилизации (сезонные, температурные адаптации и др.).

Г. Селье, подошедший к проблеме адаптации с новых позиций, назвал факторы, воздействие которых приводит к адаптации, **стресс-факторами**. Другое их название — экстремальные факторы, т.е. необычные факторы окружающей среды, оказывающие неблагоприятное влияние на общее состояние, самочувствие, здоровье и работоспособность человека. Причем это могут оказывать не только отдельные воздействия на организм, но и измененные условия существования в целом (например, переезд человека с юга на Крайний Север). Он же установил четыре стадии фазового течения.

1. **Срочная**, включающая стресс. Под термином «с т р е с с» (напряжение) понимаются неспецифические психофизиологические проявления адаптивной активности при действии любых, значимых для организма факторов. Примерами проявления срочной адап-

тации являются: пассивное увеличение теплопродукции в ответ на холод, рост легочной вентиляции и минутного объема кровообращения в ответ на недостаток кислорода.

2. Формирование **долговременной адаптации** — переходная фаза к устойчивой адаптации. Она характеризуется формированием функциональных систем, обеспечивающих управление адаптацией к возникшим новым условиям.

3. Сформированная долговременная адаптация, или **фаза устойчивой адаптации**, резистентности, когда системы саморегуляции гомеостаза функционируют на новом уровне. Основными условиями долговременной адаптации являются последовательность и непрерывность воздействия экстремального фактора. По существу, она развивается на основе многократной реализации срочной адаптации и характеризуется тем, что в результате постоянного количественного накопления изменений организм приобретает новое качество — из неадаптированного превращается в адаптированный. Такова адаптация к недостижимой ранее интенсивной физической работе (тренировка), развитие устойчивости к холоду, теплу и т.д.

4. **Истощение**, которое может развиваться в результате сильного и длительного воздействия экстремальных факторов. При сильном и длительном стрессе такое воздействие может привести к болезни или смерти.

Комплекс адаптивных реакций организма человека, обеспечивающий его существование в экстремальных условиях, получил название нормы адаптивной реакции.

Процесс индивидуальной адаптации обеспечивается формированием изменений в организме, нередко носящих характер предпатологических или даже патологических реакций. Эти изменения, как следствие общего стресса или напряжения отдельных физиологических систем, представляют собой своеобразную «цену адаптации».

Например, процесс адаптации к условиям Крайнего Севера может длиться десятки лет.

При этом возможны временные срывы адаптации — повышенная заболеваемость органов дыхания, язвенная и сердечно-сосудистые болезни.

Если уровни воздействия факторов окружающей среды выходят за пределы адаптационных возможностей организма, и адаптация переходит в четвертую стадию — стадию истощения, включаются дополнительные защитные механизмы. Это механизмы компенсации, противодействующие возникновению и прогрессированию патологического процесса, т. е. ответные силы организма на изменения окружающей среды в зависимости от степени этих изменений качественно различны и колеблются от физиологически оптимальных до патологических.

Таким образом, если **адаптация обеспечивает гомеостаз в условиях здоровья, то компенсация — это борьба организма за гомеостаз в измененных условиях — условиях болезни**. Если воздействие факторов среды на организм количественно превышает уровень нормы адаптации организма, то он теряет способность в дальнейшем адаптироваться к среде, так как возможность перестройки структурных связей системы исчерпана. В естественных условиях обитания организм человека всегда подвержен влиянию сложного комплекса факторов, каждый из которых выражен в разной степени относительно своего оптимального значения. В природе сочетание всех факторов в их оптимальных значениях — явление практически невозможное. Это означает, что в естественных условиях организм всегда затрачивает какую-то часть энергии на работу адаптивных механизмов. Важно и то, что при комплексном воздействии между отдельными факторами устанавливаются особые взаимоотношения, при которых воздействие одного фактора в какой-то степени изменяет (усиливает-ослабляет и т.п.) характер воздействия другого. Например, тренировка к физическим нагрузкам вызывает устойчивость к гипоксии (кислородному голоданию), и наоборот, тренировка к гипоксии создает устойчивость к большим мышечным нагрузкам.



Важен не только качественный критерий фактора, но и режим воздействия этого фактора на организм. Реакция организма значительно возрастает, если фактор воздействует не в виде непрерывного сигнала, а дискретно, т. е. с определенными интервалами. Этот прерывистый характер воздействия широко используется в практике при выработке адаптации к холоду, гипоксии, физическим нагрузкам и т.п.

### Общие меры повышения устойчивости организма

Управлять адаптацией, способствовать повышению выносливости своего организма — эту цель должны ставить перед собой. Самое главное условие для поддержания устойчивого гомеостаза организма, а следовательно, и механизма адаптационных процессов, — гармонизация жизнедеятельности человека со средой его обитания.

Одно из необходимых условий для этого — своевременное и рациональное питание. Недостаточность или избыточность питания и нарушение соотношений питательных веществ в рационе питания сказываются на деятельности организма, снижают его сопротивляемость и, следовательно, способности к адаптации. Благоприятные условия труда и отдыха, в том числе режим сна и бодрствования, отдыха и труда — также необходимое условие нормального функционирования организма.

Особую роль играет физическая активность. Она формирует нервные механизмы управления, активизирует взаимодействие организма с внешней средой, способствует развитию организма в целом. Движение — обязательный компонент работы всех анализаторов, оно необходимо для получения информации, развития психики. Особенности двигательной деятельности делают ее средством повышения тренированности обмена веществ, достаточно экономичной траты энергии в покое, способности организма наиболее совершенно утилизировать кислород, усиления функционирования ферментативных систем. Резистентность как результат физической активности обусловлена также повышением координации и более тонкой регуляцией в деятельности систем кровообращения, дыхания и т.д. Все эти механизмы в значительной мере являются неспецифическими. Благодаря их наличию облегчается становление адаптационных реакций по отношению к широкому спектру факторов.



Рис. 3.2. Адаптация к условиям окружающей среды и управление здоровьем человека

Жизнь современного человека весьма мобильна, и в обычных условиях его организм непрерывно адаптируется к целому комплексу природно-климатических и социально-производственных факторов (рис. 3.2). «Цена адаптации» зависит от дозы воздействующего фактора и индивидуальных особенностей организма. Доза воздействия и переносимость зависят от наследственных — генетических — особенностей организма, продолжительности и силы (интенсивности) воздействия фактора. Стресс из звена

адаптации может при чрезмерно сильных воздействиях среды трансформироваться в развитие разнообразных заболеваний.

Разработка и применение методов и средств повышения неспецифической и специфической устойчивости организма, его адаптационных возможностей, а также разработка методов и средств, повышающих компенсаторные возможности организма к действию чрезмерных, выходящих за пределы адаптационных возможностей, уровней и концентраций повреждающих факторов среды, приведет к улучшению жизнедеятельности организма.

### **Научные основы гигиенического нормирования факторов среды обитания.**

**Законы и закономерности гигиены. Три закона гигиены. Санитарно-гигиенические мероприятия. Лечебно-профилактические мероприятия.**

Объектом изучения гигиены являются как отдельный здоровый человек, так и коллективы практически здоровых людей. Главной категорией, характеризующей состояние практически здорового человека, является здоровье. **Здоровье отражает динамическое равновесие между организмом и окружающей средой (средой обитания), сохранность гомеостаза организма здорового человека, выработанного в процессе эволюционного развития в условиях естественной окружающей среды и поддерживаемого благодаря процессам регуляции.** Гомеостаз организма практически здоровых людей может сохраниться и при изменении до определенных величин факторов окружающей среды. Это возможно благодаря процессам адаптации у здорового человека и компенсации у больных людей, имеющих также свои индивидуальные пределы для каждого организма.

Следовательно, основной и специфической целью гигиены как науки является **познание законов и закономерностей взаимодействия здорового человека с изменяющейся окружающей средой и на основании этого разработка способов и средств, обеспечивающих сохранение и укрепление здоровья человека и человеческого общества в целом.**

**1. Закон положительного влияния природной окружающей среды на здоровье населения.** Природные факторы окружающей среды (солнце, чистый воздух, чистая вода, доброкачественная пища) положительно влияют на здоровье людей, способствуя его сохранению и укреплению при разумном использовании.

Организм — самостоятельно существующая единица мира, представляющая собой саморегулирующуюся биологическую систему, реагирующую как единое целое на различные изменения окружающей среды. Он может существовать лишь при постоянном взаимодействии с окружающей средой и самообновляться в результате такого взаимодействия. Известно, что без пищи человек может прожить до 50 сут, без воды — до 5 сут, без воздуха — не более 5 мин.

Жизнь человека протекает в окружающей его среде, которая характеризуется условиями, способствующими нормальному течению его физиологических функций. В основе положительного действия среды обитания на организм и здоровье лежат физико-химические свойства ее факторов. В процессе эволюционного развития человек приспособился к определенным факторам окружающей среды — физическим (солнечное излучение, температура, влажность, подвижность воздуха, низкие уровни неионизирующего излучения, в том числе космического и др.), химическим (химический состав воздуха, воды, пищи), биологическим (микроорганизмы) и т.п. Действие солнечного излучения на организм и здоровье определяется его спектральным составом. Видимое излучение обеспечивает функцию зрительного анализатора, инфракрасное обладает тепловым, ультрафиолетовое (УФ-излучение) — общестимулирующим биологическим, эритемным, антирахитическим, бактерицидным действием.

Рациональное использование солнечного излучения, обеспечение достаточной инсоляции жилищ и других помещений способствуют укреплению здоровья человека, повышению его устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Солнечное излучение определяет также климат и погодные условия местности, от которых зависит и ее микроклимат — состояние воздушной среды, определяемое температурой, влажностью, скоростью движения и степенью ионизации воздуха, атмосферным давлением. Микроклимат среды обитания определяет тепловое равновесие организма. Оно обеспечивается динамическим соотношением теплопродукции и теплоотдачи.

Естественные колебания атмосферного давления также положительно влияют на здорового человека, оказывая стимулирующее действие на сосудистую систему. Однако на лиц, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, эти колебания оказывают отрицательное влияние, способствуя, например, развитию гипертонических кризов. Значительные изменения атмосферного давления в ту или иную сторону (подводные работы, работы на высоте) могут вызывать кессонную или высотную (горную) болезнь.

Чистый воздух, содержащий около 21 % кислорода, не более 0,03 % углекислого газа, а также в достаточной степени ионизированный (содержащий легкие отрицательные ионы) оказывает положительное влияние на здоровье человека. При загрязнении воздуха увеличивается содержание углекислого газа, снижается концентрация отрицательных ионов, на смену которым приходят тяжелые положительные ионы, неблагоприятно влияющие на организм.

Благоприятное влияние на здоровье человека чистой воды определяется не только ее минеральным составом и физиологическими функциями, но и прямыми и косвенными гигиеническими качествами. Водная среда обеспечивает транспортную, выделительную, теплообменную функцию, водно-электролитный обмен организма. С гигиенической точки зрения вода не только используется для поддержания чистоты тела, одежды, жилища, но и является мощным фактором повышения резистентности организма.

Рациональное питание также оказывает положительное влияние на уровень здоровья людей. Рациональное питание — это сбалансированное питание, обеспечивающее нормальный рост и развитие организма, его высокую работоспособность и устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Условиями рационального питания являются количественная достаточность пищи (соответствие энергозатратам организма); качественная полноценность, т. е. наличие в пищевом рационе всех необходимых пищевых веществ (белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных солей и микроэлементов, воды) в оптимальных количествах и соотношении; рациональный режим питания (соответствие количества и времени приема пищи биологическим ритмам организма); высокая усвояемость и удобоваримость пищи (соответствие качества пищи ферментным возможностям пищеварительной системы); эпидемиологическая безопасность (отсутствие в пище возбудителей заболеваний) и токсикологическая безвредность пищи (отсутствие ядовитых веществ в токсических концентрациях).

Положительное действие фактора окружающей среды на организм и здоровье может быть эффективным только при комплексном воздействии всех факторов. Использование комплекса оздоровительных факторов (солнце, воздух, вода, физическая активность, полноценное питание и пр.) является необходимым условием сохранения и укрепления здоровья как индивидуального, так и общественного.

**2. Закон нарушения уровня здоровья людей** (снижение резистентности, иммунного статуса, адаптационно-компенсаторных возможностей организма, болезнь), вызванное физическими, химическими, биологическими, психофизиологическими этиологическими факторами, может возникнуть только при наличии трех составляющих (движущих сил): вредного или опасного фактора или их комплекса, механизма воздействия или передачи воздействия фактора и восприимчивости (чувствительности к воздействию)

организма. При отсутствии хотя бы одного из этих условий или движущих сил не произойдет изменения уровня здоровья под влиянием факторов окружающей среды для данной возрастно-половой или профессиональной группы людей.

Из этого закона следует, что основной задачей является научное обоснование комплекса профилактических мероприятий, направленных на устранение или хотя бы уменьшение роли одной, двух или всех трех движущих сил ухудшения здоровья населения.

Наличие первой движущей силы обуславливает необходимость разработки научно обоснованных гигиенических критериев, так как на их основе будут аргументироваться профилактические мероприятия, направленные на снижение количества факторов в окружающей среде до уровня, безопасного для здоровья населения, его проживания и трудовой деятельности.

Понятие о второй движущей силе — это понятие о роли механизмов донесения загрязнителя до восприимчивого организма, об удельном весе механизма воздействия каждого фактора, если действует одновременно несколько факторов. Используя эту закономерность, при разработке профилактических мероприятий должны предлагаться такие меры, при которых миграционный путь фактора будет самым длинным при равных экономических затратах.

Понятие о третьей движущей силе позволяет научно обосновывать профилактические мероприятия, направленные на усиление иммунозащитной функции организма, на раскрытие и использование закономерностей, определяющих пути и средства повышения устойчивости (резистентности) организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, на усиление механизмов саморегуляции, адаптации и компенсации.

При разработке профилактических мероприятий для повышения невосприимчивости организма к вредным факторам воздействия следует помнить, что на ее формирование влияют образ жизни, вредные привычки, генетическая предрасположенность организма, качество медицинского обслуживания, что в целом составляет 75 — 83 % причин, определяющих нарушения состояния здоровья населения.

Важнейшими условиями высокой устойчивости организма к неблагоприятным факторам окружающей среды являются здоровый образ жизни, исключая употребление алкогольных напитков, наркотиков, курение, другие вредные привычки, рациональное (полноценное в количественном и качественном отношении) питание, рациональные условия труда и отдыха, соблюдение правил личной гигиены, использование широких оздоровительных возможностей физической культуры и спорта, закаливание. При выполнении работы в поддержании высокой резистентности (устойчивости) организма большое значение имеют профессиональный отбор, предварительные и периодические медицинские осмотры, лечебно-профилактическое питание, протекторные, антидотные средства, профилактические прививки, использование индивидуальных средств защиты, производственное обучение, санитарное просвещение.

**3. Закон негативного влияния на окружающую среду деятельности людей.** В связи с бытовой и производственной деятельностью люди оказывают отрицательное действие на окружающую среду. Это более опасно при недостаточном научно-техническом уровне производства, сниженных социально-экономических условиях жизни и невысокой культуре населения.

В процессе жизнедеятельности человек выделяет в окружающую среду экскременты, которые очень опасны в эпидемическом и санитарном отношении. Эта опасность возрастает, если не принимать мер по сбору, немедленному их удалению из населенных мест при помощи канализации с дальнейшим обезвреживанием на очистных сооружениях.

Отрицательное влияние на окружающую среду проявляется сильнее вследствие бытовой и особенно неразумной безответственной производственной деятельности. Неизбежность усиления отрицательного влияния обусловлена дальнейшим расширяющимся использованием природных ресурсов для удовлетворения возрастающих материальных и духовных потребностей общества, научно-техническим прогрессом, невниманием людей к этому отрицательному влиянию. Такой процесс неизбежно приведет к опасным для здоровья человека взаимосвязям со средой, внесет существенные и непредвиденные изменения в элементы биосферы, которая, будучи загрязненной, сама начнет отрицательно влиять на здоровье человека.

Достоверно доказано, что обусловленная научно-техническим прогрессом интенсификация производственной деятельности человека, укрупнение городов и промышленных центров, если это происходит без учета гигиенических требований, приводят к прогрессирующему загрязнению окружающей среды химическими, физическими, биологическими вредными и опасными факторами в количествах, неблагоприятных для биосферы в целом и для человека в частности. Так, антропогенная деятельность привела к увеличению плотности загрязнителей на 1 м<sup>2</sup> площади и 1 м<sup>3</sup> воздуха, т. е. к качественному и количественному изменению загрязнения атмосферного воздуха.

Познание второго закона гигиены позволяет проводить строгий учет факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду (среду обитания), прогнозировать их влияние, разрабатывать гигиенические мероприятия по уменьшению их поступления в окружающую среду и, следовательно, по снижению их негативного воздействия на здоровье человека.

В связи с этим на этапе санитарной экспертизы проектов проверяется правильность проведенных проектантами расчетов основных параметров сооружений, которые будут обеспечивать эффективную очистку технологических выбросов в атмосферу или сточных вод в водоемы.

Раскрытие и познание второго закона гигиены позволяет градостроителям, технологам в творческом сотрудничестве с проектантами, врачами разрабатывать и использовать для охраны окружающей среды мероприятия, в числе которых первостепенное значение имеют архитектурно-планировочные, технологические, санитарно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и другие меры.

Архитектурно-планировочные мероприятия учитывают господствующие в этой местности ветры (роза ветров), которые определяют размещение промышленного предприятия (с подветренной стороны по отношению к селитебной зоне), высоту труб (для лучшего рассеивания выбросов в атмосфере высота труб увеличивается) и пр. Кроме того, выделяются санитарно-защитные зоны (разрывы) между предприятием и селитебной зоной, проводится экранирующее озеленение этих зон и т.д.

Технологические мероприятия предусматривают организацию, налаживание производственного процесса таким образом, чтобы любые вредные вещества физического, химического, биологического происхождения (исходное сырье, основные или побочные продукты производства, его отходы) не попали в окружающую среду в количествах, превышающих ее возможности самоочищения, вредных и опасных для здоровья человека как при непосредственном, так и при опосредованном воздействии. В числе таких мероприятий наиболее эффективными являются безотходные технологии, герметизация, изоляция, автоматизация и механизация.

Санитарно-технические мероприятия включают в себя такие меры оздоровления, как вентиляция, освещение, канализация, водоснабжение, санитарно-бытовые помещения, отопление, спецодежда и спецобувь, индивидуальные средства защиты. Конкретно это может быть представлено, например, мерами по снижению загрязненности атмосферного воздуха химическими соединениями. Снижение в атмосферных выбросах концентрации вредных химических веществ достигается путем соответствующих

расчетов предельно допустимых выбросов предприятия (ПДВ), группы предприятий. **Под ПДВ подразумевается максимальное количество примеси, в граммах за секунду, которое может быть выброшено в атмосферный воздух, при условии, что на границе санитарно-защитной зоны концентрация выбрасываемого загрязняющего вещества не превысит предельно допустимую концентрацию (ПДК) для атмосферного воздуха.**

Санитарно-гигиенические мероприятия — это меры по улучшению среды обитания человека путем контроля за выполнением работодателем и работником требований санитарных норм и правил (СанПиН, СН, СП), гигиенических нормативов (ГН) и предписаний санитарно-эпидемиологической службы по охране здоровья человека. К этим мероприятиям следует отнести также лечебно-профилактическое питание и санитарное просвещение населения по вопросам гигиены.

Лечебно-профилактические мероприятия предусматривают проведение обязательных профилактических медицинских осмотров населения (в 1999 г. было осмотрено 48 423 тыс. человек), предупреждение возникновения массовых заболеваний (например, с помощью вакцинации), лечение заболеваний.

#### **4. Закон отрицательного влияния на окружающую среду экстремальных явлений.**

Природная окружающая среда загрязняется не только под влиянием бытовой и производственной деятельности людей, но и во время экстремальных явлений, катастроф (землетрясений, наводнений, аварий и пр.).

Так, в процессе геологического формирования земной коры под влиянием экстремальных условий образовались геохимические аномалии с повышенным или пониженным содержанием активных микроэлементов, таких как фтор, йод и др. Такие аномалии привели к возникновению биогеохимических провинций, в которых наблюдаются заболевания природного очагового характера, получившие название эндемических. Из них наиболее известны эндемический зуб, флюороз, урвская болезнь и др.

Задача науки, в том числе гигиенической, заключается в том, чтобы сохранить экологическое равновесие биосферы, усилить способность элементов окружающей среды к самоочищению, повысить ее адаптационные возможности.

#### **5. Закон неизбежного отрицательного влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения.**

При контакте человека с окружающей средой, загрязненной бытовыми или техногенными загрязнителями в количествах, превышающих гигиенические нормативы, здоровье человека неизбежно ухудшается.

#### **Принципы гигиенического нормирования. Принцип безвредности. Принцип дифференциации биологических ответов. Принцип разделения объектов санитарной охраны.**

На протяжении жизни человек постоянно подвергается воздействию разнообразных, меняющихся по интенсивности и продолжительности экспозиции физических, химических и биологических и социальных факторов окружающей среды (среды обитания).

Существует несколько принципиальных подходов к предупреждению неблагоприятных эффектов этих факторов: полный запрет производства и применения; запрет поступления в окружающую среду и любого воздействия на человека; замена вредного и опасного фактора менее вредным и опасным; ограничение (регламентация) содержания в объектах окружающей среды и уровней воздействия на работников и население. Очевидно, что наиболее радикальным способом предупреждения неблагоприятных эффектов является полное исключение воздействий потенциально вредных и опасных факторов. Однако в связи с несовершенством технологий, а также с невозможностью полностью предотвратить воздействие на человека многих необходимых для современной цивилизации природных и техногенных факторов профилактика неблагоприятных влияний на человека и окружающую среду состоит в снижении

воздействия потенциально вредных и опасных факторов до безопасного уровня на основе их гигиенического нормирования.

**Гигиеническое нормирование**— установление в законодательном порядке безвредных (безопасных) для человека уровней воздействия вредных опасных факторов окружающей среды (среды обитания): предельно допустимых концентраций (ПДК) химических

веществ, предельно допустимых уровней воздействия (ПДУ) физических и психофизических факторов, гигиенических нормативов (ГН) и др.

Отсутствие норматива, как правило, приводит к неконтролируемому, скрытому воздействию потенциально вредных и опасных факторов на человека. Норматив нельзя отождествлять с понятием нормы, так как большинство установленных гигиенических нормативов представляют собой максимально допустимые, а не оптимальные величины.

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

В основу научной концепции гигиенического нормирования положено всестороннее изучение общих закономерностей взаимоотношений организма человека с факторами окружающей среды разной природы, адапционно-приспособительных процессов, механизмов взаимодействия организма на молекулярном, клеточном, органном, организменном, системном и популяционном уровнях с комплексом благоприятных и неблагоприятных факторов антропогенного и естественного происхождения, а также с комплексом социально обусловленных факторов.

При экологическом нормировании основное внимание уделяют надорганизменным эффектам — популяционному, биогеоценозному, изучению устойчивости и приспособительных реакций экологических систем, их неоднородности, изменений видового состава сообществ организмов. Экологическое нормирование пока находится на этапе формирования основных принципов и методов оценки реакций биосистем уровня, критериев экологической (популяционной) нормы, способов учета в нормировании климато-географических особенностей, влияющих на реакции экосистем. В последующий период возможны более тесное сближение концепций гигиенического и экологического нормирования и создание единой нормативной базы, направленной на предупреждение не только прямых и опосредованных вредных воздействий на человека, но и существенных нарушений состояния отдельных экосистем и биосферы в целом.

Концепция гигиенического нормирования прошла длительный и очень сложный путь развития. Ее становление было неразрывно связано с развитием медицины, физиологии, биохимии, фармакологии, физики, химии и других фундаментальных научных дисциплин. Предположение о возможности установления нормативов для некоторых токсических веществ было высказано еще в XIX в. на основании клинических данных о развитии производственных отравлений у работников только в случае превышения определенной пороговой концентрации некоторых промышленных ядов.

В начале XX столетия немецкие и американские исследователи разработали рекомендательные перечни пороговых концентраций для нескольких десятков наиболее распространенных промышленных химических соединений. Однако только в **1922 г.** в нашей стране были обоснованы и включены в санитарное законодательство ПДК в воздухе рабочей зоны для трех промышленных вредных веществ. В 30-е годы впервые ПДК были введены в Германии и США. В последующий период в СССР параллельно с обоснованием ПДК промышленных ядов создавались и совершенствовались теоретическая и экспериментальная база гигиенического нор-

мирования химических веществ (Н.В.Лазарев, Н.С.Правдин и др.). В 1941 г. были разработаны ПДК мышьяка, фенола и свинца в воде водоемов и начаты исследования по оценке опасности промышленного загрязнения водоемов (А. Н.Сысин, С. Н.Черкин-ский).

В послевоенный период В.А.Рязанов сформулировал главные принципы гигиенического регламентирования атмосферных загрязнений, что позволило ввести в санитарное законодательство первые ПДК для наиболее распространенных химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных мест. В связи с развитием химической промышленности, внедрением в многие сферы производства и быта многочисленных химических веществ потребовались разработка методических основ гигиенического нормирования содержания вредных соединений в продуктах питания, почве, нормирование выделения химических веществ из полимерных материалов. Интенсивное развитие микробиологической промышленности привело к созданию новых методических приемов гигиенического регламентирования биологических факторов (грибковые, дрожжевые, белковые и бактериальные препараты). Увеличение мощности и расширение ассортимента продукции химико-фармацевтической промышленности потребовали разработки специфических методов гигиенического нормирования лекарственных препаратов, включая некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты), в различных объектах окружающей среды.

Обширные исследования были проведены в целях разработки допустимых уровней воздействия разнообразных физических факторов: ионизирующего и неионизирующего излучений, шума, вибрации, микроклиматических факторов. Обоснованы принципы, методы гигиенического нормирования и установлены ПДУ тяжести физического труда (физическая и динамическая нагрузка, масса снимаемого и перемещаемого груза, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка, рабочая поза, наклоны корпуса, перемещение в пространстве), напряженности труда (интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок, режим труда).

В настоящее время в нашей стране и практически во всех экономически развитых странах существует обширная и разветвленная система нормативов, направленных на обеспечение безопасности человека, поддержание оптимального для конкретных социально-экономических условий уровня физического, психического и социального благополучия работников и всего населения в целом.

Кроме того, нормативы предельного содержания химических соединений и предельные уровни физических и других факторов предлагаются международными организациями: Международной организацией труда (МОТ), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Эти нормативы имеют рекомендательный характер и, по мнению международных экспертов, подлежат корректировке с учетом политических, экономических и социальных особенностей конкретной страны.

Несмотря на различные подходы к нормированию факторов окружающей среды, включая производственные, существуют единые принципы обоснования гигиенических нормативов, которые формулируются следующим образом.

1. Гигиенические нормативы носят государственный характер и обязательны для соблюдения всеми органами, организациями и отдельными лицами.
2. Необходимо соблюдать опережение обоснования норматива по сравнению с появлением вредного и опасного фактора.

В соответствии с этим принципом гигиенические нормативы должны быть разработаны еще до того момента, когда человек войдет в контакт с потенциально вредным фактором. Данный принцип обеспечивает профилактическую направленность гигиенических нормативов и позволяет вовремя осуществить мероприятия по защите человека и окружающей среды. Кроме того, нарушение принципа опережения может приводить к значительным экономическим потерям из-за задержки производства,



высокой стоимости природоохранных мероприятий, осуществляемых на действующих объектах. Гигиенические нормативы не могут основываться только на результатах натуральных исследований состояния здоровья населения, уже подвергающегося воздействию вредного фактора (напомним, что латентный период развития некоторых злокачественных новообразований может достигать 25—30 лет). Необходимо разумное сочетание экспериментальных методов гигиенического нормирования с клинико-гигиеническими и эпидемиологическими методами.

При обосновании гигиенических нормативов приоритет отдается медико-биологическим, а не экономическим или технологическим критериям, например реальной технической достижимости рекомендуемых гигиенических нормативов в данный момент.

Принцип безвредности. Этот принцип основан на том положении, что при установлении норматива вредного и опасного фактора принимаются во внимание только особенности его действия на организм человека и санитарно-гигиенические условия его жизни. Никакие доводы об отсутствии эффективных мер по снижению действующих концентраций, способов очистки атмосферных выбросов или сточных вод, мер индивидуальной защиты не могут послужить основанием для установления норматива на более высоком уровне.

Таким образом, при установлении гигиенических нормативов оно обеспечивает их профилактическую направленность и позволяет определять приоритетные направления для совершенствования технологических процессов.

Другими словами, медицинский аспект является ведущим в проблеме окружающей среды, поскольку сохранение здоровья населения, создание благоприятных условий быта, труда и отдыха людей являются главной заботой государства.

Принцип дифференциации биологических ответов. Доказано, что не все население реагирует в равной степени на одно и то же воздействие, имеются более или менее чувствительные группы населения. Поэтому в одинаковых условиях окружающей среды один человек заболевает, а другой остается здоровым.

В связи с этим гигиенические нормативы содержания химических веществ в объектах окружающей среды (воде, атмосферном воздухе, почве, продуктах питания) устанавливаются с ориентацией на наиболее чувствительные группы населения (например, детей, лиц пожилого возраста и др.) на уровне защитно-приспособительных реакций, не выходящих за пределы физиологической нормы. При установлении гигиенических нормативов для производственных условий учитывается, что воздействию потенциально вредных и опасных факторов подвергаются лица трудоспособного возраста, проходящие предварительные и периодические медицинские осмотры. Воздействие осуществляется не на протяжении всей жизни, как в населенных местах, а только в период работы (по 6—8 ч в день на протяжении рабочего стажа).

Принцип разделения объектов санитарной охраны. В связи со специфичностью и изменчивостью физико-химических свойств воды, почвы, атмосферного воздуха, пищевых продуктов животного и растительного происхождения, особенностями их воздействия на организм и длительностью контакта гигиенические нормативы устанавливаются отдельно для каждого объекта: воздуха производственных помещений, атмосферы населенных мест, питьевой воды, воды водоемов, пищевых продуктов и т.д. В зависимости от объекта окружающей среды и природы фактора различают предельно допустимую концентрацию (ПДК), максимально допустимый уровень (МДУ), предельно допустимый уровень воздействия (ПДУ), ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) и др. (рис. 3.3).

Принцип учета всех возможных неблагоприятных воздействий. Для каждого объекта или фактора окружающей среды, для которых устанавливается норматив, учитываются все возможные виды неблагоприятного воздействия на среду и организм человека. В методологии нормирования каждому виду неблагоприятного воздействия соответствует

показатель вредности, действующую величину которого необходимо установить в эксперименте. Интегрированный перечень показателей вредности и неблагоприятных воздействий приведен ниже:

*Органолептический* — появление посторонних запахов и привкуса, изменение цвета, окраски, внешнего вида, формы.

*Рефлекторный* — раздражающее действие на органы дыхания, глаза, ощущение запаха.

*Общесанитарный* — изменение численности сапрофитной микрофлоры, ее видового состава и активности; снижение способности воды и почвы к самоочищению.

*Санитарно-бытовой* — изменение климата, прозрачности атмосферы, бытовых условий, ландшафта и др.

*Водно-миграционный* — миграция вещества из исследуемой среды в воду.

*Воздушно-миграционный* — миграция вещества из исследуемой среды в воздух.

*Транслокационный* — накопление вещества в растительных продуктах (фитоаккумуляционный).

*Санитарно-гигиенический* — возможность создания у человека ощущения опасности или санитарно-гигиенического дискомфорта (например, окраска объектов окружающей среды органическими красителями).

*Токсикологический (резорбтивный)* — неблагоприятное влияние на организм человека и/или лабораторных животных.

В зависимости от того, для какой среды устанавливается норматив, набор показателей вредности, по которым планируют исследования, будет разным. Например, для воды водоемов изучают органолептический, общесанитарный, санитарно-токсикологический, специфический и показатель отдаленных последствий. По каждому показателю вредности определяют минимальнодействующую концентрацию, а из минимально действующих концентраций, установленных по всем показателям вредности, выбирают наименьшую, которая будет лимитирующим показателем вредности, то есть тем показателем, по которому нормируется данное вещество.

Принцип пороговости. Очевидно, что не всякое воздействие фактора окружающей среды можно признать вредным и опасным. Реакция любого биологического объекта на внешнее воздействие сопровождается сложной гаммой изменений во многих органах и системах. Эти изменения могут быть функциональными, адаптационными. При установлении пороговых доз и концентраций необходимо дифференцировать состояние адаптационно-приспособительных механизмов (удовлетворительная адаптация, напряжение механизмов адаптации, перенапряжение механизмов адаптации, срыв адаптации).

В гигиене под порогом вредного действия принято понимать такую минимальную концентрацию вещества в объекте внешней среды (или дозу, попавшую в организм), при воздействии которой в организме (при конкретных условиях поступления вещества) возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Пороговыми считают эффекты, расположенные между нормой и патологией.

При установлении порогов вредного действия (минимально действующих уровней) и максимальных недействующих доз (концентраций) изучают все основные органы и системы, особенно те, которые наиболее чувствительны к исследуемому фактору. В качестве критериев для оценки вредных эффектов используются биохимические, метаболические, токсико-кинетические, физиологические, морфологические и клинично-гигиенические показатели, нагрузочные тесты.

Чаще всего гигиеническое нормирование осуществляется с учетом величины допустимого риска. При этом предполагается, что дозо-эффективная зависимость проходит через ноль, а в качестве допустимой принимается доза, теоретически

вызывающая определенный приемлемый как для общества, так и для отдельного человека риск.

В некоторых странах в качестве такого приемлемого для населения риска используется значение  $10^{-6}$ , что соответствует одному дополнительному к существующему фону случаю рака среди 1 млн жителей. Для производственных условий обычно считается допустимым риск на уровне  $10^{-3}$ — $10^{-4}$ .

Принцип зависимости эффекта от концентрации (дозы) и времени. Этот принцип неразрывно связан с другим принципом гигиенического нормирования — принципом нулевого учета пороговости. Величина дозы и продолжительность воздействия не только определяют время появления биологического эффекта, но и нередко влияют на его качественные характеристики. Например, в условиях острых воздействий бензол в основном влияет на центральную нервную систему, а при длительном воздействии малых доз и концентраций вызывает поражение системы кроветворения вплоть до развития лейкоза. Зависимость эффекта от дозы может быть сложной, фазовой, что отражает цикличность адаптационных реакций, чередование первичных приспособительных реакций, процессов истинной физиологической адаптации, временной адаптации, компенсации.

Адаптация — истинное приспособление организма к изменяющимся условиям среды, которое происходит без каких-либо необратимых нарушений данной биологической системы и без превышения нормальных гомеостатических особенностей ее реагирования.

При истинной адаптации организм сохраняет способность адекватно, без существенного напряжения, а тем более срыва, реагировать на внешние воздействия. В отличие от адаптации компенсация характеризуется как временно скрытая патология, которая со временем может проявиться в виде заметных патологических изменений, т. е. декомпенсации.

Разграничение адаптационных, компенсаторных и патологических реакций остается одной из важнейших и сложных задач современной методологии гигиенического нормирования. Нередко зависимости «доза—время—эффект» удается выявить только в условиях эксперимента на лабораторных животных, в котором можно моделировать такие режимы воздействия, которые нельзя воспроизвести в реальных природных условиях.

Дополнительный вклад в медико-биологическую надежность устанавливаемых нормативов вносит использование принципа ужесточения условий воздействия, согласно которому в процессе эксперимента, как правило, ориентируются на наиболее опасный вариант воздействия.

Кроме того, именно эксперимент позволяет на практике осуществлять один из основополагающих принципов гигиенического нормирования, а именно принцип опережения.

Принцип комплексного гигиенического нормирования. В реальных условиях человек подвергается не изолированному воздействию какого-либо одного вещества, поступающего в организм конкретным путем (через воду или воздух), а сложному многофакторному влиянию. Различают следующие варианты многофакторных воздействий:

**комбинированное действие** — одновременное действие одинаковых по природе факторов (например, шума и вибрации, нескольких химических веществ и др.);

**сочетанное действие** — одновременное действие различных по природе факторов (например, шума и химических веществ);

**комплексное воздействие** — одновременное поступление химического вещества сразу несколькими путями из одной или нескольких сред (например, из воздуха, с пищевыми продуктами, с водой, с газовой выделением из воды, полимерных материалов, путем всасывания через кожу и т.д.);

**последовательное действие** — вариант комбинированного действия, при котором воздействие одного вещества сменяется воздействием другого вещества (например, в сельском хозяйстве, на малотоннажных предприятиях химико-фармацевтической промышленности работающие могут определенное время контактировать с одними веществами, которые затем сменяются другим набором химических соединений).

В настоящее время особенности комбинированного действия веществ учитываются при гигиеническом нормировании вредных веществ во всех средах. Так, для атмосферного воздуха населенных мест установлено 56 коэффициентов комбинированного действия (для 36 бинарных смесей и 20 смесей из 3 — 5 компонентов).

Принцип относительности норматива. Гигиенические нормативы не могут основываться только на результатах натуральных исследований состояния здоровья населения, уже подвергающегося воздействию вредного опасного фактора (напомним, что латентный период развития некоторых злокачественных новообразований может достигать 25—30 лет). Необходимо разумное сочетание экспериментальных методов гигиенического нормирования с клинико-гигиеническими и эпидемиологическими методами.

Любой утвержденный норматив не является абсолютным. Если новые научные данные, полученные с использованием более чувствительных методов, свидетельствуют о понижении порога вредного действия на здоровье населения, подвергающегося воздействию факторов на уровне норматива, свидетельствуют о его неблагоприятном влиянии, то может возникнуть вопрос о пересмотре норматива.

Например, установленные на животных предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны таких химических соединений как бензол, ксилол, хром после многолетних наблюдений за состоянием здоровья работников были уменьшены в несколько раз. Многие из рассмотренных принципов гигиенического нормирования нашли отражение в определении одного из ведущих гигиенических нормативов — ПДК.

**ПДК химического соединения во внешней среде** — такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни, прямо или опосредованно через экологические системы, не возникает заболеваний (в том числе скрытых и временно компенсированных) или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами

сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений; ПДУ физических и психофизиологических факторов определяются так же, как ПДК химического соединения.

Постановлением Правительства РФ от 12.11.92 г. № 869 в нашей стране введена обязательная государственная регистрация потенциально опасных химических соединений веществ, осуществляемая Российским регистром потенциально опасных химических и биологических веществ. Данная мера позволит полностью инвентаризировать все химические соединения, производимые и используемые в России, и в конечном счете будет способствовать повышению надежности оценок потенциальной опасности веществ для здоровья человека и состояния окружающей среды.

Наряду с ПДК существуют временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ). Обоснование временных нормативов проводится с использованием ускоренных экспериментальных и расчетных методов, с широким использованием компьютерных баз данных и информационно-прогнозирующих систем. В основу большинства расчетных методов положен общий принцип — выявление корреляционных зависимостей между установленными величинами гигиенических нормативов и различными физико-

химическими и биологическими параметрами. Естественно, что расчетные методы не могут полностью заменить экспериментальное обоснование ПДК по полной программе, особенно для веществ, обладающих специфическими и отдаленными эффектами действия (аллергическим, мутагенным и т.д.).

В настоящее время накоплен достаточно большой материал по установлению ориентировочных гигиенических регламентов вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и воде водоемов; ОБУВ и ОДУ устанавливается на период, предшествующий проектированию производства (для условий опытных и полужаводских установок).

Оперативность токсиколого-гигиенического заключения позволяет инженерам одновременно отказаться от внедрения высокотоксических и опасных химических веществ и сосредоточить усилия на поиске менее токсических и опасных. Все это в дальнейшем даст большой экономический эффект, поскольку избавит от необоснованных затрат на обеспечение безопасных условий труда с высокотоксическими и опасными продуктами, если могут быть найдены менее токсические и опасные, соответствующие техническим требованиям.

Срок действия устанавливаемого ОБУВ — 2 — 3 года. В дальнейшем этот срок может быть продлен, а при поступлении дополнительных материалов может быть рассмотрен вопрос о замене ОБУВ значением ПДК. С момента утверждения ПДК ранее установленный ОБУВ данного вещества утрачивает силу.

Гигиенические нормативы утверждаются Главным государственным санитарным врачом РФ по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России и входят в состав санитарно-гигиенических норм и правил, а также в некоторые ГОСТы.

Таким образом, цель гигиенического нормирования, в основе которого лежат принципы нормирования, — создание условий, обеспечивающих сохранение, укрепление и приумножение здоровья людей, без которого немислимо их благополучие. Следовательно, оно непосредственно выходит на конечную, целевую социально-биологическую ценность — здоровье человека и популяции.

### **Физиологические основы трудовой деятельности.**

#### **Классификация основных форм деятельности. Динамика работоспособности.**

##### **Тяжесть и напряженность трудового процесса.**

Физиология труда — раздел таких медицинских дисциплин как физиология и гигиена труда, изучающий изменения функционального состояния организма человека под влиянием производственной деятельности и разрабатывающий физиологически обоснованные средства организации трудового процесса, способствующие предупреждению утомления и поддержанию высокого уровня работоспособности.

Исследования по физиологии труда проводятся в двух направлениях:

изучение общих физиологических закономерностей трудовых процессов;

изучение физиологических реакций организма при конкретных видах производственной деятельности.

Задачи физиологии труда охватывают широкий круг вопросов:

изучение физиологических закономерностей при физических, нервно-психических нагрузках и при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, микроклимата и др.);

исследование физиологических механизмов, определяющих динамику работоспособности человека в современных производственных условиях;

разработку физиологических основ мероприятий в целях повышения работоспособности и снижения утомления.

#### **Классификация основных видов (форм) организации трудовой деятельности.**

*Автоматизированный труд* подразделяется на комплексно-автоматизированный и автоматизированный. Комплексная автоматизация труда — это такая высокая степень

организации производства, при которой управление осуществляется с дистанционных щитов и пультов управления, располагающихся в изолированных помещениях или кабинках. Ее разновидностью является автономная комплексная автоматизация труда, представленная разнообразными транспортными средствами. Основным вред в данном случае наносят нервно-психические перегрузки.

Автоматизированное производство — более низкая ступень, так как в ее организации хотя и имеет место управление с пультов и щитов, но они располагаются в цехе рядом с оборудованием. Поэтому к такому вредному производственному фактору как нервно-психические перегрузки прибавляются факторы, присущие конкретному производству: химические вещества, пыль, шум и пр.

В целом же автоматизированный труд имеет несомненное гигиеническое преимущество прежде всего в том, что в несколько раз сокращается численность работников во вредных условиях труда.

*Механизация труда* — это более низкая, но самая частая ступень организации производства, при которой полностью или частично рабочие операции выполняют машины и механизмы. Механизация труда подразделяется на комплексно-механизированный, механизированный и механизированно-ручной труд.

Комплексно-механизированный труд представляет такую организацию производственного процесса, когда основные и вспомогательные технологические процессы выполняются машинами, механизмами и другими видами оборудования. На первый план из вредных производственных факторов выходят те, которые генерирует данное производство — шум, пыль и пр.

Механизированный труд отличается от предыдущего тем, что в нем имеет место неполная механизация. Поэтому при этой распространенной форме организации производства наблюдаются физические перегрузки в сочетании с воздействием других вредных производственных факторов.

Механизированно-ручной труд (весьма распространенный) тоже относится к труду с неполной механизацией, так как при выполнении работ широко используются механизированно-ручные, пневмо- и электроинструменты. Эти вредные производственные факторы аналогичны физическим перегрузкам, но выражены в большей степени.

*Ручной труд* — это труд, который выполняется вручную с использованием исключительно мускульной силы человека и примитивных орудий труда (лопаты, ломы и др.) без применения инструментов с приводом. Главным вредным производственным фактором при ручном труде являются физические перегрузки. Другие вредные производственные факторы воздействуют на работника достаточно интенсивно, так как он находится в эпицентре их выделения (генерации) — на расстоянии вытянутой руки. Исключением надо считать ручной труд при работе на конвейерах, при котором у трудящихся возможны нервно-психические перегрузки. На производстве указанные виды труда далеко не всегда встречаются в чистом виде, а чаще в различных соотношениях.

**Некоторые понятия в физиологии труда.** Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от следующих факторов: предмет и орудия труда, организация рабочего места, условия труда, технико-организационные мероприятия. Эффективность согласования указанных факторов с возможностями человека во многом зависит от наличия определенной работоспособности.

**Работоспособность** — величина функциональных возможностей организма, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Уровень функциональных возможностей человека зависит от условий труда, состояния здоровья, возраста, питания, степени тренированности, мотивации к труду и других факторов.

На уровень и динамику работоспособности существенно влияют специфические особенности каждой конкретной деятельности. Состояние работоспособности оценивается по физиологическим показателям функционального состояния центральной нервной системы, нервно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем, обеспечивающих данную конкретную деятельность.

Изменения работоспособности в течение дневной рабочей смены имеют несколько фаз или сменяющих друг друга состояний человека (рис. 4.1).

*Фаза вработывания ИЛИ* нарастающей работоспособности. В этот период постепенно повышается подвижность функционирования систем организма, ускоряется и увеличивается объем физиологических процессов. Уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным. Это выражается в улучшении физиологических показателей и результатов труда. В зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека, этот период длится от нескольких минут до 1,5 — 2,5 ч.

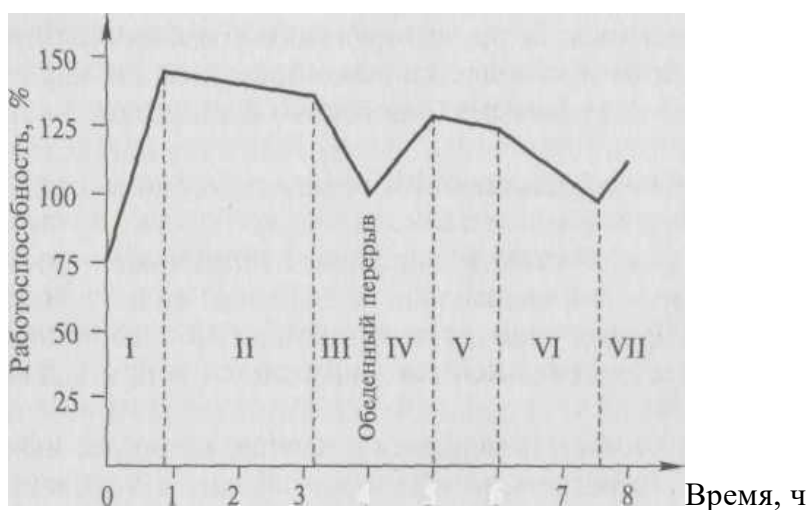


Рис. 4.1. Динамика работоспособности в течение рабочего дня:

I, IV — период вработываемости; II, V — период высокой работоспособности; III, VI — период снижения работоспособности; VII — конечный порыв.

*Фаза высокой устойчивой работоспособности.* Для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций. Ее продолжительность может быть 2 — 2,5 ч и более в зависимости от степени нервно-психических, физических нагрузок и в целом условий труда.

*Фаза снижения работоспособности (утомление).* Падение работоспособности сопровождается уменьшением функциональных возможностей основных работающих систем и органов человека. Наблюдаемое к обеденному перерыву падение работоспособности проявляется в ухудшении функций сердечно-сосудистой (изменение артериального давления, частоты пульса), нервной (увеличение времени протекания рефлексов, снижение внимания, появление лишних движений, ошибочных реакций, замедление скорости решения задач) и других систем.

*Фаза восстановления работоспособности.* Во время отдыха после первой половины рабочей смены она характеризуется увеличением жизненных функций организма.

Динамика работоспособности повторяется и после междусменного перерыва. При этом фаза вработывания протекает быстрее, а фаза устойчивой работоспособности по уровню ниже и менее длительная, чем до перерыва. Во второй половине смены снижение работоспособности наступает раньше и развивается быстрее в связи с наступлением более выраженного утомления. Перед самым концом работы наблюдается некоторое

повышение работоспособности — так называемый конечный порыв перед наступлением отдыха.

Изменение работоспособности может быть и в течение недели, так как за выходные дни в известной мере угасают трудовые условные рефлексy. Отсюда и народное наблюдение — понедельник тяжелый день. Конец рабочей недели знаменуется накоплением утомления. Аналогично динамика изменения работоспособности, правда, не столь выраженная наблюдается и при годовом цикле работы.

Работоспособность меняется в течение жизни. Наивысшей она является у женщин в возрасте 20—38 лет, а у мужчин — 21 — 40 лет. Постепенное понижение работоспособности наблюдается у женщин, начиная примерно с возраста 48 лет, а у мужчин — с 51 года.

Рассмотренная динамика работоспособности весьма характерна. Встречающиеся отклонения от типичной классической кривой работоспособности большей или меньшей выраженности свидетельствуют о наличии неблагоприятных внешних причин, на устранение которых должны быть направлены усилия. При этом главной задачей является продление фазы устойчивости работоспособности.

Оценка профессиональной работоспособности осуществляется обычно с помощью комплекса наиболее адекватных физиологических показателей с учетом вида трудовой деятельности, уровня рабочего напряжения, степени тренированности и индивидуальных особенностей организма. При этом чаще всего исследуются состояние сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системы.

В то же время следует помнить, что о состоянии профессиональной работоспособности можно в некоторых случаях судить непосредственно по динамике утомления, показателями которого в процессе труда могут являться увеличение продолжительности и вариабельности выполнения производственных операций, рост числа ошибок, стихийно возникающих перерывов в работе (микروпауз) и т.д.

Нередко возникает и другая задача, когда необходимо охарактеризовать исходную способность того или иного контингента лиц (или отдельного лица) к выполнению мышечного компонента трудовых нагрузок. Для этого применяют определенные тесты. До недавнего времени наиболее распространенным среди клинико-физиологических тестов такого рода являлся показатель максимального потребления кислорода (МПК). Этот показатель основывается на оценке увеличения потребления кислорода при возрастании мышечной работы и характеризует способность к выполнению работы определенной мощности для данного лица.

При определении МПК в качестве нагрузки применяется бег на месте, степ-тест (подъемы на ступеньку) или работа на велоэргометре.

Величина МПК у испытуемого устанавливается с помощью соответствующего графика (или номограммы) по увеличению частоты сердечных сокращений в ответ на увеличение нагрузки (обычно до 170 в 1 мин).

Последнее время для определения общей физической работоспособности при современных видах труда, связанных, в частности, с гипокинезией, стали использовать показатель способности к выполнению внешней механической работы  $PWC_m$  (*Physical working capacity*). Значение этого показателя определяют, сопоставляя частоту сердечных сокращений при выполнении испытуемым двух разных нагрузок не максимальной мощности (обычно на велоэргометре), с помощью формулы

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) (170 - F_1) : (F_2 - F_1)$$

где  $PWC_{170}$  — экстраполируемая мощность работы, Вт;  $W_1$  и  $W_2$  — мощности заданных нагрузок, Вт;  $F_1$  и  $F_2$  — частота сердечных сокращений при взятых нагрузках.

Для возможности сопоставления полученную величину  $PWC_{170}$  следует разделить на массу тела обследуемого, т. е. определить способность испытуемого развивать



определенную удельную мощность внешней работы, Вт/кг. В качестве ориентиров при оценке величины  $PWC_{170}$  можно использовать данные для здоровых людей, которые составляют у мужчин в среднем 168 Вт; у женщин — в среднем 105 Вт. У спортсменов этот показатель в зависимости от специализации колеблется от 163 до 327 Вт.

Условный рефлекс — изменение функций организма в ответ на внешние условия. Они обладают важным свойством, а именно: работающий человек с закрепленными условными рефлексами чрезвычайно экономно расходует жизненные силы организма при выполнении работы. Условный рефлекс обозначается еще как временный и постепенно угасает без подкрепления, т.е. повторения какой-либо работы.

Примером выработки и закрепления условного рефлекса может быть обучение работника. После его обучения правилам охраны труда ученику дают в руки молоток, и он должен забить гвоздь. Расчленение этой операции на то, как держать молоток, затем гвоздь, как ударять одним по другому — все эти навыки в виде конкретных условных рефлексов достигаются при повторении названных операций. Условные рефлексы вырабатываются и закрепляются в коре головного мозга, иначе говоря, при активном функционировании центральной нервной системы.

Для трудовой деятельности человека характерно многократное повторение в определенной последовательности различного рода операций, которые складываются из отдельных условных рефлексов в определенную функциональную систему работы коры головного мозга, названную динамическим стереотипом.

Динамический стереотип — устойчивая слаженная система рефлексов, которая образуется в результате многократного повторения условных рефлексов в определенной последовательности и через определенные промежутки времени. В дальнейшем ответ организма определяется не воздействующем раздражителем, а возникающим на его месте условным раздражителем. Механизм динамического стереотипа заключается в формировании в мозге повторяющихся нервных процессов, отражающих пространственные, временные и порядковые особенности воздействия на организм внешних и внутренних раздражителей. Таким образом, нервные процессы программируют предстоящую деятельность мозга, чем обеспечивается точность и своевременность реакции организма на привычные раздражители производственной обстановки. Изменение условий труда приводит к ломке динамического стереотипа и замене его новым. Его переделка создает реакцию напряжения, тем большую, чем сложнее переделка и длительнее существование стереотипа. Скорость переделки стереотипа зависит также от возраста, функционального состояния центральной нервной системы, типа высшей нервной деятельности человека.

Динамический стереотип как совокупность условных рефлексов включает в себя, помимо двигательных, и вегетативные компоненты, создающие единую систему жизнеобеспечения при осуществлении рабочих движений. В трудовой деятельности динамический стереотип вырабатывается в ходе обучения рабочего производственным операциям. После многократного повторения приемов работы и их усвоения переход от одного элемента рабочей операции к другому происходит без переключения внимания и мышления на выполнение каждого элемента. По мере закрепления динамического стереотипа возникает автоматизм в действиях работников и значительная экономия энергетической мощности организма.

Утомление — это физиологический, а не патологический процесс, который характеризуется снижением функциональных возможностей организма. Оно наступает вследствие выполнения работы, которая сопровождается значительными физическими и нервно-психическими нагрузками. Итогом утомления могут стать снижение работоспособности, ухудшение количества и качества выполняемой работы, нарушение координации движений, уменьшение памяти и пр. Субъективно это состояние называется усталостью. Механизм развития утомления от разных причин в

принципе одинаков как из-за тяжести, так и из-за напряженности труда. В его основе лежит наступление торможения деятельности коры головного мозга. Этот процесс справедливо рассматривается как охранительная функция организма, выработанная в процессе эволюции живого организма.

Физические нагрузки (тяжесть трудового процесса). Различают статическую и динамическую работу.

Статическая работа — процесс сокращения мышц, необходимый для поддержания тела или его частей в пространстве. В процессе труда она связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Статическая работа может быть выполнена одной рукой или двумя руками, с участием корпуса и ног, может выполняться в неудобной позе — с наклоном корпуса, лежа, на корточках и т. д.

При статическом усилии с точки зрения физики внешняя механическая работа отсутствует, однако в физиологическом смысле при статических усилиях работа налицо. Она характеризуется теми активными физиологическими процессами, которые протекают в нервно-мышечном аппарате и центральной нервной системе и обеспечивают поддержание напряженного состояния систем и органов человека. При статической работе повышается обмен веществ, увеличивается расход энергии, хотя и в меньшей степени, чем при динамической работе. Статическая работа более утомительна, чем динамическая, поскольку напряжение мышц длится непрерывно без пауз, не допуская их отдыха. Помимо этого, при статической работе кровообращение в работающих мышцах затруднено, происходит уменьшение в них объемного кровотока, уменьшение поступления кислорода и накопление большого количества молочной кислоты — биохимического признака утомления, пропорционально величине статического напряжения.

При длительном поддержании статического напряжения утомление мышц, сочетаясь с недостаточным кровоснабжением, может привести к развитию различных заболеваний. Динамическая работа представляет собой наиболее распространенный вид двигательной активности человека в процессе труда. При этом различные части двигательного аппарата могут принимать весьма различное участие в выполнении работы, и сама двигательная работа всегда в какой-то степени сочетается со статической. Сила мышц человека достаточно большая. Например, при сгибании локтя она составляет до 40 кг, мышц рук — до 250 кг, а ахиллесово сухожилие на ноге выдерживает груз до 500 кг. Образно говоря, организм человека это не силовая, а скоростная машина. Поэтому человек быстрее и с большим качеством выполняет краткую силовую работу и хуже, с более частым утомлением, длительную систематическую работу. Мышечная сила, измеренная в килограммах, различна у женщин и мужчин. У первых она ниже на 20 — 30 %, что требует разных предельно допустимых величин физических нагрузок для лиц разного пола. Мышечная сила меняется в течение жизни и начинает снижаться у лиц в возрасте 40 лет. У мужчин к 60 годам она снижается примерно на 80 — 85%, а у женщин к 55 годам составляет половинную величину силы мужчин того же возраста. Тренировка увеличивает мышечную силу на одну треть.

Мышечная выносливость — способность длительное время выполнять заданную работу, также меняется в течение времени. Ее снижение более чем на 20 % указывает на развитие выраженного утомления.

Динамическая и статическая работа подразделяются на общую, региональную и локальную.

Общая мышечная работа выполняется более чем двумя-тремя массами скелетной мускулатуры, в том числе ног и туловища. Такая работа характерна для тех видов профессиональной деятельности, где полностью или в значительной степени отсутствует механизация — некоторые виды сельскохозяйственных работ, труд грузчиков и др.

Региональная мышечная работа выполняется преимущественно мускулатурой плечевого пояса и верхних конечностей. В ней участвуют от одной до двух третей массы скелетной мускулатуры. Примером могут служить работа станочника, слесаря и другие виды деятельности, выполняемые обычно стоя.

Локальная мышечная работа требует участия верхних конечностей и менее одной трети скелетных мышц. В качестве примера назовем такие виды деятельности как различные виды сборочных работ. Все три вида мышечной деятельности могут быть легкими, средней тяжести и тяжелыми.

Нервно-психические нагрузки (напряженность трудового процесса) — под ними подразумеваются различные виды трудовой деятельности, которые сопровождаются напряжением функций прежде всего центральной нервной системы. Ранее такой труд назывался умственным, сейчас это определение следует считать устаревшим.

В понятие напряженности труда, вследствие его сложности, входят следующие разновидности. Прежде всего это интеллектуальные нагрузки, которые могут быть различными из-за содержания и характера выполняемой работы, восприятия сигналов (информации), сложности задания. Такие нагрузки имеют, например, профессии управленческого и творческого труда. Сенсорные нагрузки включают длительность сосредоточенного наблюдения, плотность сигналов, число и размеры объектов одновременного наблюдения, включая оптические приборы, видеотерминалы, нагрузку на орган слуха и голосовой аппарат. Примером профессий могут быть операторы, преподаватели. В качестве эмоциональных нагрузок могут быть степени ответственности за работу, собственную жизнь и безопасность других лиц. Самый наглядный пример профессии — водитель транспортных средств. Монотонность нагрузки оценивается по числу повторяющихся элементов заданий, временем активных и пассивных действий. В качестве примера можно привести работающих на конвейере. Наконец, при напряженном труде учитывается режим работы — длительность рабочего дня, сменность, наличие перерывов и их продолжительность. Это работа с ненормированным рабочим днем, работа в разные рабочие смены.

Указанные разновидности нервно-психических нагрузок достаточно часто встречаются одновременно. Под влиянием работы с нервно-психической составляющей состояние функций организма претерпевает фазовые изменения. В начале работы улучшаются память, внимание, запоминание, скорость выполнения «тестовых задач» и профессиональная работоспособность. Длительная нервно-психическая нагрузка оказывает угнетающее влияние на деятельность организма и особенно на функцию центральной нервной системы: ухудшаются внимание (объем, концентрация, переключение), память (кратковременная и долговременная), восприятие (появляется большое количество ошибок).

Нервно-психические нагрузки приводят к усилению сердечнососудистой деятельности, системы дыхания, энергетического обмена; повышению тонуса мускулатуры, а при перегрузках возможно возникновение различных заболеваний. При экстремальных нервно-психических перегрузках может быть развитие особого состояния, называемого стрессом. При стрессе наблюдается общий адаптационный синдром или совокупность изменений, возникающих в организме при воздействии стресса.

В развитии общего адаптационного синдрома различают три последовательные стадии. Первая — стадия тревоги, во время которой происходит мобилизация защитных сил организма. Вторая стадия характеризуется восстановлением нарушенного равновесия, когда организм становится более устойчив в ответ на воздействие чрезвычайных внешних ситуаций и внутриорганизменных болезненных состояний. При невозможности организма преодолеть влияние негативных моментов наступает третья стадия — истощение. Самым тяжелым проявлением адаптационного синдрома является шок (по-английски — удар) или острое состояние, сопровождающееся резкой

слабостью, бронхоспазмом, возбуждением, а потом угнетением, снижением артериального давления, а в особо тяжелых случаях — бессознательным состоянием. Различают также местный адаптационный синдром, который развивается в виде воспаления. В принципе, адаптационный синдром следует оценивать как реакцию организма на стресс, в целом способствующую выздоровлению. Однако выход из стрессовых состояний человека должен быть под наблюдением лечащего врача во избежание ухудшения состояния здоровья пострадавшего.

Необходимо учитывать и тот факт, что при нервно-психических перегрузках организм человека склонен к инерции, к продолжению деятельности центральной нервной системы в заданном направлении. После ее окончания «рабочая доминанта» полностью не угасает, обуславливая более длительное утомление и даже истощение организма под влиянием нервно-психических перегрузок, больше чем при физических перегрузках.

**Физиологические обоснования мер по снижению утомления и повышению работоспособности.** В работу следует «входить» постепенно. Это обеспечивает последовательное включение физиологических механизмов, определяющих высокий уровень работоспособности. Необходимо соблюдать определенный ритм работы, что способствует выработке навыков и замедляет развитие утомления. Следует придерживаться последовательности и систематичности в работе, что обеспечивает длительное сохранение рабочего динамического стереотипа. Правильное чередование описанных выше видов труда с отдыхом уменьшает степень утомления, повышает работоспособность. Высокая работоспособность сохраняется при систематических упражнениях и тренировке.

Кроме того, должны быть соблюдены требования эргономики и дизайна (оптимизация размеров и массы инструмента, рабочих движений, количества информативных сигналов и другие требования к рационализации рабочего места — удобства стула, стола, пульта и щита управления, окраски рабочего помещения, выбор оптимального ритма работы, соответствующей освещенности и т.д.).

Что касается режима работы, то наилучшей сменой для поддержания работоспособности на необходимом уровне является дневная смена с началом рабочего дня не ранее 7 ч. В любой смене обязательно необходимы перерывы для отдыха и приема пищи в середине смены длительностью не менее получаса, а также перерывы на 10—15 мин примерно за час в конце первой и второй половины смены для производственной гимнастики. Работа в ночную смену для поддержания работоспособности требует особого режима сна, отдыха и приема пищи. Целесообразнее время для сна делить на две части (дробный сон) — 4 — 5 ч после работы в ночную смену и 3 — 4 ч перед ее началом. Периодичность перехода трудящихся для работы из одной смены в другую должна быть не короче и не длиннее недели. При работах без нервно-психических перегрузок увеличивает работоспособность использование функциональной музыки (перед началом, в середине и в конце каждой смены). Снижает утомление отдых в специальных комнатах психологической разгрузки. Отдых после рабочей недели в течение двух дней подряд более продуктивен, чем, например, в воскресенье и четверг. Наконец, совершенно необходимо поддержание благоприятных условий труда, при которых физиологические процессы в организме протекают наиболее эффективно.

### **Психология труда.**

Психология труда — отрасль психологии, изучающая особенности психической деятельности и личности человека в процессе труда.

В психологии труда можно выделить следующие основные направления:

организация трудового процесса (вопросы рационализации труда, его нормирования, борьбы с утомлением, монотонностью, организации отдыха и т.д. в психологическом плане);

психология профессионального отбора и обучения, которая объединяет проблемы изучения и формирования трудовых навыков;

изучение психологических особенностей труда человека при взаимодействии его с техническими средствами в процессе производственной и управленческой деятельности и обоснование требований, предъявляемых к конструкции машин и приборов с учетом психических свойств человека (инженерная психология).

Методы психологии труда. В психологии труда наиболее распространены следующие методы.

Метод опроса (анкетирование, устная беседа, интервью).

Наблюдение за ходом рабочего процесса и поведением рабочего в целях выявления соответствия действий, приемов, движений работающего производственным задачам и результатам труда.

Экспериментальные методы, направленные на оценку состояния человека в процессе труда: а) лабораторный эксперимент — моделирование производственной деятельности в лаборатории; б) производственный эксперимент.

Метод психофизиологических тестов для исследования особенностей психических процессов, имеющих значение в производственной деятельности (памяти, внимания, мышления и др.).

Методы оценки личностных особенностей. Большое значение в психологических исследованиях имеет проведение беседы с целью выяснить отношение к труду, переживания работника, его отношение к условиям труда и т.д. Широко используется способ заочной беседы с помощью анкет. Целью наблюдения как метода психологии труда является выявление профессионально значимых особенностей различных психических процессов путем изучения и сопоставления внешних проявлений деятельности человека: мимики, речи, позы, результатов его труда и т.д. Результаты фиксируются в протоколах наблюдения, дополняются рядом способов объективной регистрации — фотографирование, кино съемка, хронометраж и т.д.

Лабораторный эксперимент чаще всего строится по принципу моделирования той деятельности, которая исследуется (пульт управления, кабина водителя и т.д.). Наиболее полным методом психологии труда является естественный или производственный эксперимент, проводимый непосредственно в цехе во время работы в конкретной производственной обстановке.

Метод психофизиологических тестов используется для исследования особенностей личности — памяти, внимания, мышления и т.д. В настоящее время предложено большое количество таких тестов, в основе которых лежит принцип функциональных нагрузок, предъявляющих требования к тому или иному психическому процессу или его качеству, оценка различных проявлений свойств и отношений личности, лежащих в основе профессиональной успешности (по личностным опросникам или по характеристикам лиц, хорошо знающих данного работника по совместной работе).

**Психологические подходы к изучению профессии.** Изучение и выявление требований, предъявляемых профессией к психике человека состоит в составлении психограмм как основной части профессиограмм. Таким образом осуществляется раскрытие психологической сущности и проводится психологическое описание каждого определенного вида трудовой деятельности — психологический анализ профессии. Содержание и объем психограмм различен в зависимости от цели проведения исследования (рационализация режима труда, профессиональный отбор, профессиональная ориентация, производственное обучение).

При составлении психограмм для оптимизации условий труда анализируются источники информации, которую получает оператор, способы ее обработки, последовательность действий и т.д. При инженерно-психологическом изучении профессии рассматривается система человек—профессиональная среда с ее компонентами: предмет, орудия труда, профессиональные задачи.

В условиях трудовой деятельности для характеристики особенностей психических процессов с помощью специальных тестов (в основе которых лежит принцип функциональных нагрузок) изучают внимание, эмоции, память и другие психические свойства личности. Все виды трудовой деятельности в большей или меньшей мере предъявляют требования к вниманию.

Внимание — направленность психической деятельности и сознания человека на избирательное восприятие определенных предметов и явлений. Среди различных качеств внимания наиболее профессионально значимыми являются такие качества, как активность, широта, переключение, интенсивность и устойчивость. Внимание не остается постоянным в процессе труда, оно изменяется в течение дня и в процессе трудового обучения.

Для психологии труда важным вопросом является изыскание путей целенаправленного активного формирования необходимых качеств внимания. Изучение качеств внимания во время трудовой деятельности дает возможность разрабатывать мероприятия по организации режима труда рабочих и эффективных методов профессионального обучения.

При исследовании рабочих движений также применяются психофизиологические методы. Основную роль в трудовом процессе играют сенсомоторные движения. На рабочем месте различают сенсорное поле, т.е. часть рабочего места, которое, воздействуя на анализаторы, является источником профессионально-значимой информации, и моторное поле — часть рабочего места, в пределах которого осуществляются трудовые движения. Время сенсомоторной реакции меняется в зависимости от утомления, эмоциональной настройки, наличия других раздражителей и т.д.

Знание закономерностей временной характеристики сенсомоторных реакций имеет большое значение при конструировании системы управления современным автоматизированным производством. Время переработки информации не должно превышать значения  $T$ , которое складывается из времени, требуемого оператору на восприятие информации ( $t_1$ ), времени решения задачи ( $t_2$ ), и, наконец, времени двигательной реакции ( $t_3$ ). Создание такой схемы рабочих движений даст возможность психологу труда разрабатывать конкретные рекомендации по формированию рабочих алгоритмов трудовых процессов на современных пультах управления.

Отношение человека к труду проявляется не только в действиях, но и в виде эмоций и чувств.

Эмоции — это реакция человека на предметы и явления внешнего мира (производственной среды), с которыми человек связан. Характеризуя эмоции, обусловленные трудовым процессом, следует подчеркнуть, что эмоции не просто чувства и переживания человека, его внутренний мир, а состояния, оказывающие влияние на работоспособность, и, следовательно, на производительность труда, способность обеспечивать нормальный режим работы оборудования, наблюдение за пультами управления. Эмоции оказывают существенное влияние на состояние здоровья работающего.

В психологии труда необходимо различать чувства, общие для всех видов трудовой деятельности (радость труда, любовь к труду, удовлетворенность), и специфические эмоции, вызываемые конкретными условиями определенной трудовой деятельности (эмоции, связанные с организацией трудового процесса, конкретными производственными условиями, отношениями в данном коллективе и т.д.).

Среди отрицательных эмоций, свойственных современному производству, отмечают эмоции «напряженности» и эмоции «растерянности». Эмоции «напряженности» возникают в результате чрезмерной плотности сигналов, неравномерности и отсутствия ритма в работе, большой ответственности, возможности аварийных ситуаций, недостаточной профессиональной подготовленности рабочего и т.д. Напряженность проявляется в нарушении движений, скованности позы,

неадекватно сильных и быстрых двигательных движениях, большом количестве лишних движений, нарушении координации движений и т.д. Происходит нарушение психических процессов — суженность объема внимания, недостаточное распределение и переключение его, замедленность в принятии решения и нарушение способности оценки ситуаций и т.д. Очень близко к «напряженности» стоит эмоция «растерянности», при которой нарушается в первую очередь функция внимания и мышления.

При производственном обучении и организации трудовых процессов, предъявляющих требования к запоминанию, особое значение имеет знание основных закономерностей процесса памяти.

Память — способность удерживать и воспроизводить бывшие ранее события. Составные элементы процесса памяти — запоминание, сохранение и восприятие. Объем запоминания материала возрастает при наличии логических и смысловых ассоциативных связей между его отдельными частями. Различают два основных типа сохранения материала в памяти — кратковременная и долговременная память.

**Профессиональный отбор.** Оценка профессиональной пригодности является неотъемлемой частью любого комплекса профилактических мер, направленных на охрану физического и психического здоровья работников. Целью проверки профессиональной пригодности независимо от того, проводится она для профессионального отбора или профессиональной ориентации, является установление некоторого разумного баланса между человеком и его работой в целях обеспечения наилучшей защиты работника при минимуме нагрузки на его организм. Понятие пригодности отражает взаимодействие двух факторов: с одной стороны, требований и нагрузок, связанных с выполнением работы, и, с другой, индивидуальных возможностей человека, которому предстоит ее выполнять.

Профпригодность по самой своей природе понятие изменчивое и непостоянное даже применительно к тому же человеку. Например, она может быть установлена в отношении лишь одной фазы взаимодействия работы и здоровья работника, которое, в свою очередь, в высокой степени подвержено различным изменениям. Следовательно, оценка профпригодности постоянно может изменяться и в каждом случае является компромиссом по отношению к конкретному отрезку времени.

При установлении любой зависимости увязываемые факторы должны быть сопоставимы: рабочие нагрузки необходимо рассматривать с психофизиологической точки зрения, а умственные и физические способности человека необходимо оценивать с функциональных позиций, используя однородные критерии. Следует отметить, что не существует понятия пригодность к работе вообще, можно говорить о пригодности к конкретной профессии или виду работ.

Физическая работоспособность человека определяется с помощью специальных тестов (функциональные легочные и нервно-мышечные тесты, электрокардиография и др.). Однако эти тесты не всегда дают четкое и ясное представление о работоспособности обследуемого. Более того, результаты тестов подобного рода ничего не говорят о том, как поведет себя испытуемый в реальных условиях регулярной нормированной работы на протяжении многих месяцев подряд.

При решении вопросов трудовой экспертизы (профориентации, профконсультации, профотбора) большое значение приобретают исследования личности трудящегося человека, ибо его способность выполнять определенную трудовую деятельность определяется психологическими особенностями его личности.

Таблица 7.1

**Профессиональные показатели важных свойств и качеств личности**

Группа и вид показателей	Тест
--------------------------	------

I. физические	Затраты мышечной энергии. Выносливость к физическим усилиям. Динамическая и статическая нагрузки. Выносливость к климатическим изменениям. Сила рук
II. Психосенсорные	Острота и точность зрения, слуха, тактильных и кинестетических ощущений. Чувствительность к различию ощущений. Восприятие предметов в статическом положении и движении. Восприятие пространства и времени
III. Психомоторные	Темп движения. Скорость двигательной реакции. Ритм. Координация движений. Устойчивость движений. Точность движений
IV. Интеллектуальная сфера	Особенность внимания. Наблюдательность. Зрительная, слуховая и двигательная память. Воображение. Особенности мышления. Понимание технических устройств и существующих технических процессов
V. Темперамент и характер	Тип высшей нервной деятельности. Эмоционально-волевые качества. Целеустремленность. Настойчивость. Старательность. Инициативность. Активность. Организованность
VI. Социально-психологические	Способность к сотрудничеству. Чувство товарищества и коллективизма. Отношение к труду

Цель профотбора — расставить людей в производстве с учетом их индивидуальных психофизиологических особенностей, склонностей и способностей.

В основу оценки личности и ее особенностей положены направленность личности, опыт, т. е. уровень знаний, навыков, умений и степень профессионального обучения; индивидуальные особенности отдельных психических функций; типологические черты нервной системы, проявляющиеся в темпераменте.

Для изучения данных качеств используют анкетный, аппаратный и тестовый методы. Анкетный метод заключается в том, что с помощью определенным образом сформулированных и сгруппированных вопросов получают информацию о профессиональных интересах и некоторых свойствах человека.

Аппаратный метод состоит в том, что отдельные психофизиологические факторы выявляют и оценивают с помощью специально сконструированных приборов и аппаратуры, часто имитирующих тот или иной трудовой процесс. Они служат для определения наличия у испытуемого качеств, важных для данной работы, а также как тренажеры при обучении соответствующей профессии. Тестовый метод располагает наборами тестов, предлагаемых испытуемому, в процессе решения которых выявляются те или иные психофизиологические свойства.

Профпригодность оценивают на основании профессиограмм, которые составляют на соответствующие профессии при всестороннем изучении трудового процесса. В них объективные особенности трудового процесса — технические, технологические, орга-



низационные — находят выражение в физиологических, психических и социально-психологических показателях (табл. 7.1).

Полученная информация позволяет делать вывод о соответствии индивидуума должному профессионально-квалификационному уровню. Однако следует помнить, что единственным достоверным критерием истины всегда является проверка в реальных производственных условиях, поэтому на некоторых предприятиях введен испытательный срок. Только на основе наблюдения за поведением человека в производственной среде можно сделать действительное заключение о профессиональной пригодности.

#### **Профилактическая токсикология.**

#### **Токсикологические характеристики вещества. Классификация вредных химических веществ. Токсикологическая классификация ядов. Параметры токсикометрии. Интоксикация.**

Токсикология — область знаний, изучающая законы взаимодействия живого организма и яда. Токсичность вещества тем больше, чем меньшее его количество (доза) вызывает расстройства жизнедеятельности организма.

Вещество, вызывающее отравление или смерть при попадании в организм в малом количестве называется ядом. В роли последнего может оказаться практически любое химическое соединение, попавшее в организм в количестве, способном вызвать нарушения жизненно важных функций и создать опасность для жизни.

Предполагая это универсальное свойство химических веществ, знаменитый врач средневековья Парацельс считал, что «...все есть яд и ничто не лишено ядовитости. Яд от лекарства отличается дозой». Многие химические вещества, принятые внутрь в оптимальной дозе, приводят к восстановлению нарушенных какой-либо болезнью функций организма и тем самым проявляют лечебные свойства. Другие вещества являются составной частью живого организма (белки, жиры и т.д.), поэтому для проявления их токсических свойств нужны особые условия. Чаще токсическое влияние оказывают чуждые живому организму вещества, которые получили название ксенобиотики. Таким образом, одно и то же химическое вещество может быть ядом, лекарственным и необходимым для жизни средством в зависимости от ряда условий, при которых оно встречается и взаимодействует с организмом (рис.).

*Токсикология* в современном понимании — это наука о вредном воздействии на человека, животных и растения химических соединений, поступающих из окружающей среды — среды обитания (производственной, коммунальной, бытовой, природной и пр.).

Вредное воздействие химических соединений проявляется в виде заболевания или нарушения состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами как в процессе контакта с веществами, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (см. рис.).

Патологическое состояние, развивающееся вследствие взаимодействия вредного химического вещества с организмом, называется интоксикацией, или отравлением. В результате воздействий вредных веществ на организм могут возникнуть острые и хронические отравления.

Острые отравления характеризуются кратковременностью действия относительно больших количеств вредных веществ и ярким типичным проявлением непосредственно в момент воздействия или через сравнительно небольшой (обычно в несколько часов) скрытый (латентный) период. Острое профессиональное заболевание — это отравление, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одного рабочего дня, одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее за собою временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности.

Хронические отравления развиваются постепенно, при длительном воздействии вредных веществ в относительно небольших количествах. Эти отравления возникают вследствие

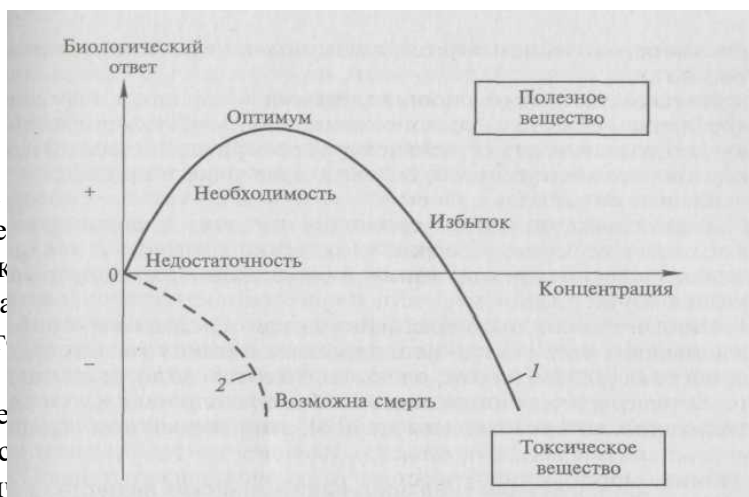
накопления вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых ими изменений (функциональная кумуляция). Хроническое профессиональное заболевание — это заболевание, являющееся результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора (факторов), повлекшее за собой временную или стойкую утрату трудоспособности.

Основная цель токсикологии состоит в предупреждении, распознавании и лечении больных с заболеваниями химической этиологии, предупреждении и устранении отдаленных последствий вредного воздействия химических веществ у индивидуумов и их потомства.

В связи с этим выделяют следующие направления токсикологии:

экспериментально-теоретическое — изучение основных закономерностей взаимодействия вредного вещества с биологическими объектами;

Рис 8.1. Токсическая шкала в профиле вредного воздействия водной, клиничес химичес эколог



концентрации полезного (1) и ух кривых относительно потенциальной опасности имунальная (атмосферная, етическая; ствие влияния на человека биоценозы.

Основоположниками отечественной промышленной токсикологии как науки являются известные ученые Н.В.Лазарев и Н. С. Правдин. Ими впервые были сформулированы задачи токсикологии:

1) гигиеническая экспертиза токсических веществ; 2) гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в объектах среды обитания; 3) гигиеническая стандартизация сырья и продуктов производства.

Если первое направление предполагает установление гигиенических нормативов химических веществ по сокращенной схеме с последующим расчетом ориентировочных временных нормативов, то второе направление охватывает полный комплекс токсикологических исследований и разработку на этой основе фундаментальных гигиенических нормативов — ПДК.

Третья задача направлена на ограничение в сырье, промежуточных и готовых продуктах токсических примесей до уровней, не оказывающих неблагоприятного воздействия на организм. Эти исследования в настоящее время стали обязательными, поскольку любая производимая продукция должна иметь гигиенический сертификат качества. Ответственность за осуществление стандартизации возлагается на предприятие-изготовитель. Взаимодействие яда с организмом изучается в двух аспектах: как влияет вещество на организм (токсикодинамика) и что происходит с веществом в организме (токсикокинетика). Токсикокинетика изучает закономерности процессов поступления, распределения, метаболизма и выделения путем определения концентраций самих веществ или их метаболитов в биологических средах организма (крови, плазме, моче, выдыхаемом воздухе, тканях) в различные периоды интоксикации. Токсикодинамика изучает характер действия веществ на организм, вызываемый ими эффект.

Количество химических соединений, используемых в настоящее время настолько велико, а характер биологического действия настолько разнообразен, что применяют несколько видов классификаций. В основу существующих классификаций вредных

химических веществ положены различные принципы, учитывающие агрегатное состояние веществ, характер воздействия на организм, степень токсичности, опасности и другие признаки.

По агрегатному состоянию в воздушной среде вредные вещества могут быть классифицированы как газы, пары и аэрозоли (жидкие или твердые).

По химическому строению вредные химические вещества делят на органические, неорганические и элементоорганические. Исходя из принятой химической номенклатуры, определяют класс и группу этих веществ.

По пути проникновения в организм выделяют вещества, действующие через дыхательные пути, пищеварительную систему и кожу.

По цели применения различают следующие вещества.

Ксенобиотики пищи, к ним относятся неалиментарные (не имеющие пищевой ценности) компоненты пищи и антиалиментарные вещества, включающие, в частности, различные эссенции (сложные эфиры), нитриты и нитраты, кофеин, алкоголи, дубильные вещества (таннины), катехины и ряд других веществ.

Промышленные вещества — наиболее разнообразная группа. Среди выбросов в атмосферу, почву, воду имеется группа неорганических веществ, содержащих практически все элементы периодической системы, а также все классы органических соединений,

начиная с простейших алифатических углеводов и кончая синтетическими высокомолекулярными соединениями, а также веществами, сравнимыми по степени токсичности с боевыми отравляющими веществами.

Агрехимикаты (пестициды и химические средства защиты растений), которые включают в себя гербициды, инсектициды, фунгициды, репелленты, протравители семян. Без использования этих веществ сегодня представляется невыполнимым получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Лекарственные средства, имеющие свою фармакологическую классификацию.

Косметические средства, которые также включают некоторые биологически активные соединения, чужеродные для организма и способные в определенных концентрациях вызывать токсический эффект, например аллергические реакции.

Отравляющие вещества (ОВ), которые применяются в качестве токсического оружия для массового уничтожения людей.

По виду токсического действия химические вещества разделяют по характеру их токсического действия на организм (табл. 8.1). Однако эта классификация имеет очень общий характер и обычно детализируется использованием дополнительной информации об «избирательной токсичности» веществ (табл.). Следует иметь в виду, что «избирательное» токсическое действие яда не исчерпывает всего многообразия проявления интоксикации, а лишь указывает на непосредственную опасность, которая грозит определенному органу или системе организма как основному месту токсического поражения.

Таблица 8.1 Токсикологическая классификация ядов

Общий характер токсического действия	Характерный представитель
Нервно-паралитическое действие (бронхоспазм, удушье, судороги и параличи)	Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос), никотин, анабазин, БОВ
Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения в сочетании с общетоксическими резорбтивными явлениями)	Дихлорэтан, гексахлоран, БОВ, укусовая эссенция, мышьяк и его соединения, ртуть (сулема)

Общетоксическое действие (гипоксические судороги, кома, отек мозга, параличи)	Синильная кислота и ее производные, угарный газ, алкоголь и его суррогаты, БОВ
Удушающее действие (токсический отек легких)	Оксиды азота, БОВ (фосген, дифосген)
Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек)	Хлорпикрин, пары крепких кислот и щелочей
Психотропное действие (нарушение психической активности сознания)	Наркотики (кокаин, опий), атропин

Таблица 8.2

Классификация вредных веществ по избирательной токсичности.

Характер избирательной токсичности	Характерные представители
«Сердечные» яды Кардиотоксическое действие — нарушение ритма и проводимости сердца, токсическая дистрофия миокарда	Сердечные гликозиды (дигиталис, дигоксин, лантозид.); трициклические антидепрессанты (имипрамин); растительные яды (аконит, чемерица, заманиха, хинин); животные яды (тетрадотоксин); соли бария, калия
«Нервные» яды Нейротоксическое действие — нарушение психической активности, токсическая кома, токсические гиперкинезы и параличи	Психофармакологические средства (наркотические анальгетики, транквилизаторы, снотворные средства); фосфорорганические соединения; угарный газ; углеводороды, спирты жирного ряда, анилин, тетраэтилсвинец, сероводород, алкоголь и его суррогаты
«Печеночные» яды Гепатотоксическое действие — вызывают структурные изменения печени,	Хлорированные углеводороды (дихлорэтан); бромбензол; фосфор; селен; ядовитые грибы (бледная поганка); фенолы и альдегиды
«Почечные» яды Нефротоксическое действие — токсическая нефропатия	Соединения тяжелых металлов; этиленгликоль; щавелевая кислота
«Кровяные» яды Гематотоксическое действие — взаимодействуют с гемоглобином крови, метгемоглобинемия	Анилин и его производные; нитриты; мышьяковистый водород, оксиды углерода, гомологи бензола, ароматические смолы, свинец и его неорганические производные
«Желудочно-кишечные» яды Гастроэнтеротоксическое действие — токсический гастроэнтерит	Крепкие кислоты и щелочи; соединения тяжелых металлов и мышьяка
«Аллергенные яды» — вызывают изменения в реактивной способности организма	Некоторые соединения никеля, многие производные пиридина, алкалоиды
«Канцерогенные яды» — вызывают образование злокачественных опухолей	Каменноугольная смола, ароматические амины, азо-и diaзосоединения

Таблица 8.3

Параметры токсикометрии.

Первичный (устанавливаемый в эксперименте) параметр	Производный параметр
---	----------------------

Смертельная доза, или концентрация ( $CL_{50}$ , $DL_{50}$ , $LD_{50}$ )	Зона смертельного действия $Z = CL_{84}/CL_{16}$ , или $DL_{84}/DL_{16}$
Коэффициент межвидовой чувствительности (КМЧ)	Коэффициент возможности ингаляционного отравления $K_{ВМО} = C_{max}^{20}/CL_{50}$
Порог острого действия ( $Lim$ )	Зона специфического действия $Z_{sp} = Lim/Lim_{jp}$
Коэффициент кумуляции (К*J)	
Порог хронического действия ( $Lim_{сА}$ )	Зона биологического действия $2^* = CL_{50}/Um_{сН}$
Безопасные уровни воздействия (ОБУВ, ПД и др.)	Коэффициент запаса $K^*$ Упи/ПДК

По степени токсичности — гигиеническая классификация, в основу которой положена количественная оценка токсической опасности химических веществ, согласно экспериментальным данным по определению их ПДК, параметров токсикометрии (табл.).

По специфике биологического последствия отравления организма выделяют следующие группы веществ:

раздражающего действия, которые обладают указанным воздействием, попадая на покровы, слизистые оболочки и прежде всего на орган зрения, верхние дыхательные пути;

сенсibiliзирующего (аллергического) действия, которые вызывают возникновение аллергических заболеваний — бронхиальной астмы, астматического бронхита, конъюнктивита, дерматита;

мутагенного действия, которые повреждают генетическую наследственную функцию организма;

тератогенного действия, которое приводит к отклонениям в развитии эмбриона, находящегося в чреве матери;

канцерогенного действия, которые приводят в конечном счете к возникновению раковых заболеваний;

репродуктивного действия, которые снижают детородную функцию у мужчин и женщин.

Количество химических соединений, используемых в настоящее время настолько велико, а характер биологического действия настолько разнообразен, что применяют несколько видов классификаций. В основу существующих классификаций вредных химических веществ положены различные принципы, учитывающие агрегатное состояние веществ, характер воздействия на организм, степень токсичности, опасности и другие признаки.

По агрегатному состоянию в воздушной среде вредные вещества могут быть классифицированы как газы, пары и аэрозоли (жидкие или твердые).

По химическому строению вредные химические вещества делят на органические, неорганические и элементоорганические. Исходя из принятой химической номенклатуры, определяют класс и группу этих веществ.

По пути проникновения в организм выделяют вещества, действующие через дыхательные пути, пищеварительную систему и кожу.

**По цели применения различают следующие вещества.**

**Ксенобиотики пищи**, к ним относятся неалиментарные (не имеющие пищевой ценности) компоненты пищи и антиалиментарные вещества, включающие, в частности, различные эссенции (сложные эфиры), нитриты и нитраты, кофеин, алкоголи, дубильные вещества (таннины), катехины и ряд других веществ.

**Промышленные вещества** — наиболее разнообразная группа. Среди выбросов в атмосферу, почву, воду имеется группа неорганических веществ, содержащих

практически все элементы периодической системы, а также все классы органических соединений,

начиная с простейших алифатических углеводов и кончая синтетическими высокомолекулярными соединениями, а также веществами, сравнимыми по степени токсичности с боевыми отравляющими веществами.

**Агрохимикаты** (пестициды и химические средства защиты растений), которые включают в себя гербициды, инсектицидов, фунгициды, репелленты, протравители семян. Без использования этих веществ сегодня представляется немыслимым получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

**Лекарственные средства**, имеющие свою фармакологическую классификацию.

**Косметические средства**, которые также включают некоторые биологически активные соединения, чужеродные для организма и способные в определенных концентрациях вызывать токсический эффект, например аллергические реакции.

**Отравляющие вещества (ОВ)**, которые применяются в качестве токсического оружия для массового уничтожения людей.

**По специфике биологического последствия отравления** организма выделяют следующие группы веществ:

**раздражающего действия**, которые обладают указанным воздействием, попадая на покровы, слизистые оболочки и прежде всего на орган зрения, верхние дыхательные пути;

**сенсibiliзирующего (аллергического) действия**, которые вызывают возникновение аллергических заболеваний — бронхиальной астмы, астматического бронхита, конъюнктивита, дерматита;

**мутагенного действия**, которые повреждают генетическую наследственную функцию организма;

**тератогенного действия**, которое приводит к отклонениям в развитии эмбриона, находящегося в чреве матери;

**канцерогенного действия**, которые приводят в конечном счете к возникновению раковых заболеваний;

**репродуктивного действия**, которые снижают детородную функцию у мужчин и женщин.

#### **Пути поступления, распределения и проявления действия вредных химических веществ.**

Поступление ксенобиотиков в организм, распределение в органах и тканях, метаболизм и выведение их из организма в значительной степени определяются способностью проходить через биологические мембраны, характером взаимодействия их с этими мембранами. Процессы поступления в организм, распределения и превращения, которым подвергается вредное вещество в организме, протекают во времени.

Путь поступления химического соединения в организм определяется в первую очередь объектом окружающей среды, в котором находится вредное вещество, его физико-химическими свойствами, характером контакта с ним и некоторыми другими обстоятельствами.

Через дыхательные пути химические вещества поступают в организм в виде газов, паров и аэрозолей, парогазовых или парогазо-аэрозольных комплексов. Этот путь имеет первостепенное значение, поскольку всасывание веществ происходит с очень большой поверхности легочных альвеол (100—120 м<sup>2</sup>), намного превышающей площадь всасывающей поверхности пищеварительного канала и кожи. Проникновение газов и паров из альвеолярного воздуха в кровь подчиняется закону простой диффузии, в соответствии с которым процесс перехода веществ из газообразной среды в жидкую происходит вследствие разности парциального давления и продолжается до наступления равновесия концентраций в обеих фазах. Распределение летучих соединений между жидкой и газообразной фазами в момент равновесия характеризуется коэффициентом

распределения Оствальда, по величине которого можно судить о скорости насыщения крови летучими веществами. Чем ниже коэффициент распределения, тем быстрее достигается равновесие и насыщается кровь.

Физико-химические свойства веществ, и в первую очередь значение коэффициента растворимости паров в крови существенно сказываются на количестве вещества, поступающего в кровь из воздуха, а также на скорости, с которой устанавливается равновесие между содержанием вещества в воздухе и в крови. Так, вещества с высоким коэффициентом растворимости (спирт, ацетон) длительно переходят из воздуха в кровь, соединения с низким коэффициентом растворимости (углеводороды) быстро достигают равновесной концентрации между кровью и воздухом.

Хорошо растворимые вещества (хлорид водорода, аммиак) могут всасываться в кровь из верхних отделов дыхательных путей. Крупнодисперсная пыль или жидкий аэрозоль оседает в основном в полости носа, в носовой части глотки и трахее, значительная ее часть заглатывается. В альвеолы проникают частицы размерами до 1 — 2 мкм. Адсорбированные на пылевых частицах молекулы паров и газов могут усиливать или ослаблять действие аэрозолей.

В процессе самоочищения дыхательных путей частицы, осевшие на слизистой оболочке дыхательных путей, вместе со слизью продвигаются вверх и постепенно удаляются из организма. Однако в случае водорастворимых токсичных аэрозолей резорбция яда (способность вызвать токсический эффект) может происходить по всей длине дыхательных путей.

Ингаляционный путь поступления близок к внутреннему введению, поскольку в этом случае вещества минуя защитный барьер печени.

В пищеварительном канале всасывание веществ может происходить во всех отделах. Особенность заключается в том, что при всасывании через слизистую оболочку рта и прямой кишки химические агенты попадают в кровоток, минуя печень. Из полости рта всасываются все липидорастворимые соединения, фенолы, цианиды. В кислой среде желудочного содержимого химические вещества могут распадаться с образованием более токсических соединений. Поскольку растворимость веществ в желудочном соке значительно выше, чем в воде, опасность их воздействия при этом пути поступления возрастает. Так, соединения свинца, плохо растворимые в воде, хорошо растворяются в желудочном соке и поэтому легко всасываются. Большая часть токсических соединений, всасывающихся через стенку пищеварительного канала в кровь, поступает через систему воротной вены в печень и обезвреживается.

Через неповрежденную кожу всасываются попавшие на нее жидкости, газы либо твердые частицы, растворяющиеся в потовой жидкости и кожном жире. Всасывание осуществляется как через волосяные фолликулы, потовые и сальные железы, так и непосредственно через эпителий. Лучше проникают через кожу хорошо растворимые в жирах и липидах неэлектролиты — углеводороды жирного и ароматического ряда и их производные, металло-органические соединения. Однако для проникновения через кожу эти вещества должны обладать водорастворимостью.

Распределение веществ между кровью и тканями подчиняется законам свободной диффузии и активного транспорта через мембраны. Вещества, растворимые в липоидах, проникают во все органы и ткани, накапливаясь (депонируясь) преимущественно в тканях, богатых липидами (костный мозг, семенные железы, сальник). При голодании, лихорадке, стрессовых ситуациях возможно обратное поступление токсических веществ из депо в кровь.

Многие химические вещества, в частности, вступающие во взаимодействие с белками, распределяются в организме равномерно; в отдельных случаях токсические вещества накапливаются в определенных органах избирательно (йод — в щитовидной железе, свинец и стронций — в костях и т.д.). Однако избирательность накопления не

предопределяет избирательности действия вещества (свинец, накапливаясь в костях, воздействует на костный мозг лишь после выхода из депо).

Метаболизм (биотрансформация) — превращение химических веществ осуществляется теми же путями, которыми метаболизируются естественные для организма вещества. Попадая в организм, вещества (в том числе и новые химические соединения, с которыми организм ранее никогда не сталкивался) включаются в уже сформированные биохимические реакции. Процессы биотрансформации направлены в основном на обезвреживание (детоксикацию) токсических веществ и являются одними из защитно-приспособительных механизмов, уравнивающих взаимоотношения организма с окружающей средой.

Метаболизм чужеродных веществ осуществляется путем окисления, восстановления, гидролиза и синтеза, в результате чего образуются менее токсические полярные водорастворимые соединения, выделяемые из организма с мочой. В отдельных случаях возможно образование соединений, более токсических, чем исходные (тионовые эфиры фосфорной кислоты окисляются до высокотоксических тиоловых, токсичность метилового спирта и этиленгликоля определяется действием их метаболитов — формальдегида, муравьиной и щавелевой кислот). Указанное явление называется летальным синтезом.

В основном метаболизм вредных химических веществ происходит в печени, хотя способность к детоксикации свойственна также почкам, стенкам желудка и кишечника, легким и другим органам и тканям. Следует отметить, что на относительно низких уровнях воздействия химических веществ резервы защитных реакций достаточны. С увеличением интенсивности воздействия химических веществ относительная активность метаболизма снижается.

Выведение водорастворимых соединений из организма осуществляется преимущественно через почки. Через легкие выделяются летучие жирорастворимые вещества, не изменяющиеся или медленно изменяющиеся в организме (бензин, бензол, хлориды, четыреххлористый углерод, этиловый эфир). Плохо растворимые и нерастворимые в воде вещества (свинец, ртуть, марганец, сурьма) выделяются через пищеварительный канал, в том числе вместе со слюной в полости рта. Через кожу сальными железами выделяются все жирорастворимые вещества, потовыми железами — ртуть, медь, мышьяк, сероводород.

Проявления действия химических веществ разнообразны. Интоксикация может протекать в виде различных патологических состояний — воспаления, дистрофии, лихорадки, аллергии, опухолевого процесса, нарушений в развитии плода, повреждения наследственного аппарата клетки.

Для каждого вещества, как и для родственных групп химических соединений, характерна собственная картина интоксикации. Она обычно лежит в основе классификации токсических веществ (ядов) по типу преимущественных поражений при отравлениях. Большинство токсических веществ не отличается острой направленностью действия на определенный орган или систему. Это так называемые политропные яды (например, наркотические средства в той или иной мере поражают многие органы). Для отдельных токсических веществ свойственна острая направленность действия, и вызываемые ими изменения носят строго определенные характер и локализацию.

**Физические и химические свойства токсических веществ.** На токсичность химических соединений влияют их агрегатное состояние, растворимость в воде и жирах, диссоциация на ионы и т.д.

Газообразные вещества и пары летучих жидкостей, поступившие в организм через дыхательные пути, проявляют токсическое действие значительно быстрее, чем жидкие или твердые вещества, попавшие на кожу или поступившие в пищеварительный канал.



Токсичность твердых веществ зависит от размера их частиц. Тщательно размельченные твердые вещества являются более токсическими, чем те же вещества, имеющие более крупные частицы.

Это объясняется различной растворимостью мелких и крупных частиц вещества, а следовательно, и неодинаковой скоростью поступления их в кровь. Токсичность химических соединений зависит от растворимости их в жирах и воде. Жирорастворимые вещества легко проникают в организм через кожу и легко проникают из крови в клетки через мембраны. Токсичность водорастворимых веществ зависит от их диссоциации. Так, хлорид и нитрат бария хорошо диссоциируют в воде и обладают высокой токсичностью, а сульфат бария не растворяется в воде и не оказывает токсического действия на организм.

Аналогичные свойства характерны и для некоторых соединений мышьяка. Высокотоксическими являются хорошо диссоциируемые в воде арсениты и арсенаты.

Растворимые в воде соли тяжелых металлов также более токсичны, чем их оксиды. Нерастворимый в воде хлорид ртути(I) менее токсический, чем растворимый в воде хлорид ртути(II), а металлическая ртуть, поступившая в пищевой канал, вообще не оказывает токсического действия на организм. Однако под влиянием содержимого желудка определенная часть металлической ртути подвергается химическим превращениям и может растворяться, всасываться и проявлять токсические свойства.

**Влияние пола.** Такая направленность токсического действия может проявляться в отношении как специфических признаков поражения (влияние на гонады мужчин и женщин, на течение беременности, эмбриотропное действие), так и общего действия. Отмечается большая чувствительность женского организма к действию токсических веществ. Это является причиной того, что в химической промышленности установлен перечень работ и профессий, к которым не допускаются беременные женщины. Например, производство и упаковка свинцовых красок, производство анилина, производство бензола и нитро- и аминсоединений бензола, производство солей ртути и др.

**Влияние возраста.** Организм подростков в 2 — 3 раза, а иногда и более чувствителен к воздействию вредных веществ, чем организм взрослых. Именно поэтому законодательство запрещает прием лиц моложе 18 лет в некоторые профессии химического производства. Хотя надо отметить, что проявление токсического действия веществ неодинаково: одни вещества более токсичны для молодых, другие — для старых.

**Индивидуальная чувствительность.** В обезвреживании вредных веществ непосредственное участие принимает большая группа ферментов, так называемых ферментов детоксикации, влияющих на их превращение. Активность этих ферментных систем различна у разных лиц. Это зависит от индивидуальных особенностей течения биохимических процессов, функциональной активности. Состояние здоровья имеет большое значение. Например, лица с заболеваниями крови более чувствительны к действию кроветворных ядов, с заболеванием легких — к действию раздражающих веществ и пылей. Снижению сопротивляемости организма способствуют хронические инфекции, беременность, климакс.

**Метеорологические условия среды.** Метеорологические условия среды оказывают влияние на терморегуляцию организма, что в свою очередь влечет за собой изменение восприимчивости организма к вредным веществам. Так, увеличение температуры воздуха ведет к усиленному потоотделению, ускорению многих биохимических процессов и изменению веществ. Учащение дыхания и усиление кровообращения ведут к увеличению поступления вредных веществ в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых оболочек повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути. Высокая температура увеличивает летучесть многих веществ и повышает их концентрации в воздухе.

Усиление токсического действия при повышенных температурах отмечено, например, в отношении таких веществ: паров бензина, оксидов азота, паров ртути, хлорофоса и др.

Влажность воздуха также может увеличивать опасность отравления, в особенности раздражающими газами. Это объясняется усилением процессов гидролиза. Растворение газов и образование тумана кислот и щелочей ведет к усилению раздражающего действия на слизистую оболочку. Кроме того, эти вещества задерживаются в органах дыхания.

### **Кумуляция химических соединений и адаптация к их воздействию**

При взаимодействии химических веществ с организмом проявляются две взаимно противоположные тенденции — **повреждающее действие вещества и приспособительная реакция организма в ответ на непрерывно изменяющийся состав окружающей среды.**

В зависимости от степени агрессивности вещества, его дозы и времени воздействия преобладает либо повреждающая, либо защитная тенденция.

**Кумуляция** — это суммирование действия повторных доз вредных веществ, когда последующая доза поступает в организм раньше, чем заканчивается действие предыдущей. При кумуляции поступление вещества в организм превышает выведение его из организма. **Так происходит накопление радиоактивного стронция в костях, йода в щитовидной железе, тяжелых металлов в почках.**

В зависимости от того, накапливается ли при этом в организме само вещество, различают три вида кумуляции: материальную (химическую), функциональную и смешанную.

Под *материальной кумуляцией* подразумевается, однако, не само по себе накопление вещества, а участие его в возрастающем количестве в развитии токсического процесса. Примером материальной кумуляции может служить фиксация некоторых тяжелых металлов и мышьяка SH-группами белков, оксида углерода и цианидов металлом гемоглобина и некоторых ферментов (цианиды, кроме того, могут взаимодействовать с карбонильными группами ферментов и субстратов).

В случае *функциональной кумуляции* конечный токсический эффект зависит не от постепенного скопления небольших количеств вредных веществ, а от его повторного действия на определенные клетки организма. Действие небольших количеств вещества на клетки суммируется, что в результате приводит к токсическому эффекту. К веществам, обладающим свойством функциональной кумуляции, относятся прямые метгемоглобинообразователи (натрия нитрат) и химические мутагены. Последние, как правило, не включаются в состав нуклеиновых кислот, с которыми они взаимодействуют, а отщепляются немедленно или вскоре после реакции.

При *смешанной кумуляции* фиксируются не молекулы веществ, а их осколки (например, в реакциях ацилирования белковых молекул). Смешанный характер такого типа кумуляции состоит в том, что налицо присоединение материальной частицы, однако исходное вещество разрушается и, следовательно, накапливаться не может. Смешанным типом кумуляции обладают, например, фосфорорганические соединения. Тип кумуляции характеризует кумулятивные свойства веществ лишь с качественной стороны.

Кумуляция определяется коэффициентом кумуляции  $K_{\text{кум}}$  — отношением величины суммарной дозы вещества, вызывающей определенный эффект (чаще смертельный) у 50 % подопытных животных при многократном дробном введении ( $ЕД_{50}$ ), к величине дозы, вызывающей тот же эффект при однократном введении ( $ЛД_{50}$ ).

$$K_{\text{кум}} = \frac{\sum ЛД_{50}}{ЛД_{50}}$$

Для сравнительной оценки способности токсических веществ к кумуляции предложена следующая классификация:

степень кумуляции токсичных веществ.....	$K_{\text{кум}}$
сверхкумуляция.....	$\leq 1$
выраженная кумуляция.....	1—3
средняя           ».....	3—5
слабая            ».....	$>5$

Изучение кумулятивного действия особенно необходимо при решении задач охраны окружающей среды, так как следовые количества вещества могут действовать в течение длительного времени, иногда в течение одного или нескольких поколений, накапливаясь или концентрируясь в трофических цепях.

**Компенсация** — **квалифицируется как временно скрытая патология**, которая со временем может обнаружиться в виде явных патологических изменений, т. е. декомпенсации. Организм частично сохраняет способность приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды вплоть до самой смерти. Однако при нарушении жизнедеятельности, во время болезни компенсация проявляется не в полной мере, механизмы ее несовершенны, и она достигается в результате нарушения гомеостаза.

**Детоксикация** — **это процесс обезвреживания ядов и ускорения их выделения из организма**. Различные методы детоксикации способствуют освобождению желудка и кишечника от еще невсосавшегося в кровь яда, а также освобождению крови и тканей организма от находящихся в них токсического вещества и его метаболитов.

Освобождение организма от ядов производится усилением определенных *естественных физиологических процессов* (вызывание рвоты, промывание желудка, очищение кишок, форсированный диурез, гипервентиляция), *искусственной детоксикации* (гемодиализ, перитониальный диализ, гемосорбция, обменное переливание крови и др.) или методом *антидотной терапии*. Указанные выше методы освобождения организма от ядов производятся врачами. Однако специалисты в области безопасности жизнедеятельности должны знать принципы указанных выше мероприятий и процедур, направленных на удаление из организма ядов и их метаболитов.

*Вызывание рвоты*. После поступления ядов в желудок может наступить рефлекторная рвота, как самопроизвольный акт. При этом часть яда удаляется из желудка с рвотными массами. Однако не всегда после поступления яда в желудок наступает рвота. Ее можно вызвать механическим раздражением глотки и корня языка, а также применением некоторых лекарственных средств. **При отравлении сильными кислотами и концентрированными растворами едких щелочей удаление яда из желудка с рвотными массами является нежелательным**. Выделяясь во время рвоты наружу, эти вещества усиливают степень повреждения пищевода. Кроме того, рвотные массы, содержащие сильные кислоты и щелочи, могут попадать в дыхательные пути и вызывать их ожог.

*Промывание желудка*. Для детоксикации широко применяется промывание желудка с помощью зонда. При отравлении хлорорганическими и фосфорсодержащими ядохимикатами желудок промывают несколько раз через 3 — 4 ч. Больные, отравленные наркотическими веществами, в течение нескольких суток могут находиться в бессознательном состоянии. Таким больным желудок промывают несколько раз (через 4 — 6 ч). При однократном промывании из желудка удаляется основная часть невсосавшегося яда. Однако после этого, в результате обратной перистальтики, из кишок в желудок может поступать определенное количество яда, для удаления которого необходимо проводить повторное промывание желудка. Желудок промывают также тем больным, у которых наступила рвота, но нет уверенности в том,

что ее следствием было полное опорожнение желудка. Промывают желудок и при отравлении сильными кислотами. В этих случаях для промывания желудка нельзя применять раствор гидрокарбоната натрия. При взаимодействии кислот и гидрокарбоната натрия выделяется большой объем оксида углерода (IV), который значительно расширяет стенки желудка. В результате этого усиливаются боли в области желудка и может возникнуть кровотечение. *Промывание желудка противопоказано при отравлении ядами, вызывающими судороги. Введение зонда таким больным увеличивает их частоту и тяжесть.* Чтобы воспрепятствовать всасыванию яда, оставшегося в желудке после промывания, больным назначают суспензию активированного угля в воде или другие сорбенты, поглощающие яды и препятствующие проникновению их в кровь. Затем с помощью слабительных средств кишки освобождаются не только от находящегося в них яда, но и от ядов, уже всосавшихся в кровь, а затем выделившихся в пищеварительный канал через слизистую кишок или с желчью.

*Форсированное мочеиспускание (диурез).* Это один из способов ускоренного удаления токсических веществ из организма, выделяющихся с мочой. Оно позволяет удалять уже всосавшийся яд из кровеносного русла (был предложен в 1948 г. для лечения острых отравлений снотворными средствами). С этой целью назначают мочегонные средства. Скорость выделения некоторых ядов из организма зависит от pH мочи. От pH мочи зависит диссоциация в ней веществ, являющихся слабыми кислотами или слабыми основаниями. Чем лучше диссоциируют ядовитые вещества, тем в больших количествах они выделяются с мочой. Метод форсированного мочеиспускания в основном применяется при отравлении веществами, которые легко выводятся из организма почками. Этот метод является малоэффективным в тех случаях, если токсические вещества связаны с белками прочными связями, а также если яды относятся к числу жирорастворимых веществ.

*Форсированное дыхание (гипервентиляция)* в отдельных случаях является эффективным методом ускоренного выведения некоторых ядов из организма. Этот метод применяется только при отравлении летучими ядами, которые в определенной степени выделяются из организма легкими с выдыхаемым воздухом. Для гипервентиляции применяется аппарат искусственного дыхания. Этот метод показан при отравлении трихлорэтиленом, органическими растворителями, оксидом углерода.

*Гемодиализ* — один из эффективных методов ускорения выведения токсических веществ из организма. Он основан на явлении диализа, используемого для освобождения крови от токсических веществ. Гемодиализ проводится с помощью аппарата, известного под названием «искусственная почка». Этот аппарат снабжен полупроницаемой мембраной, через которую в процессе гемодиализа из крови выводятся токсические вещества. Он применяется при отравлении веществами, которые имеют небольшую молекулярную массу и проходят через полупроницаемую мембрану. Метод гемодиализа применяется для выведения из организма барбитуратов, изониазида, дифенилгидантоина, этиленгликоля, метилового спирта, четыреххлористого углерода, анилина, хинина, уксусной кислоты, производных фенотазина, растворимых солей ртути, мышьяка, кадмия, свинца, фторидов и других веществ, вызвавших отравление. Гемодиализ особенно эффективен в тех случаях, когда его применяют в ранней стадии острого отравления (в первые 24 ч после поступления токсического вещества в организм).

*Гемосорбция (гемоперфузия)* является одним из способов искусственной детоксикации организма. Этот метод основан на поглощении сорбентами ядовитых веществ, находящихся в крови. При гемосорбции в качестве сорбентов в основном применяются активированный уголь и ионообменники (иониты). Гемосорбцию проводят с помощью прибора (детоксикатора), снабженного насосом для перекачивания крови и набором колонок (капсул), содержащих указанные выше сорбенты. Этот аппарат с помощью специального приспособления подключают к кровотоку больного. Кровь, проходящая

через сорбенты, освобождается от токсических веществ, которые поглощаются этими сорбентами.

Количественной оценкой токсичности и опасности ядов занимается раздел токсикологии, именуемый токсикометрией (в дословном переводе с греческого — измерение токсичности). Используя определенные качественные и количественные критерии, токсикометрия позволяет осуществлять целенаправленный отбор менее токсических и опасных веществ на стадии синтеза новых соединений и композиций для последующего внедрения их в сфере производства и быта.

Токсикометрия химических соединений включает большой диапазон исследований и оценок, обязательными среди которых являются установление смертельных и пороговых доз в остром опыте, выявление и количественная характеристика кумулятивных свойств, изучение кожно-раздражающего, кожно-резорбтивного, сенсибилизирующего действия, хронического воздействия на организм для установления пороговых концентраций. Особое значение приобретают исследования отдаленных эффектов онкогенного, мутагенного и нейротоксического воздействия на репродуктивную функцию и сердечно-сосудистую систему, а также критерии оценки токсико-кинетических и метаболических эффектов.

Токсикометрия предусматривает определение в эксперименте параметров (показателей), характеризующих токсичность химических веществ на разных уровнях воздействия и опасность возникновения отравления в тех или иных условиях воздействия вредных веществ на организм (см. табл. 6.3).

На практике установление параметров токсичности и опасности химических соединений осуществляется моделированием интоксикаций в острых, подострых и хронических экспериментах на лабораторных животных (крысах, мышах, кроликах).

Хронические эксперименты на животных являются основой гигиенического нормирования химических веществ в различных средах. В хроническом эксперименте устанавливается порог общетоксического и специфического (если оно обнаружено) действия, изучается механизм (патогенез) интоксикации. Данные хронического эксперимента экстраполируются (переносятся) непосредственно на человека и в дальнейшем уточняются наблюдением за здоровьем людей. Длительность хронического эксперимента составляет от 4 — 6 мес при нормировании вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в атмосфере до 10—12 мес при установлении ПДК в пищевых продуктах и воде.

Эксперименты по изучению отдаленных последствий воздействия химических веществ могут продолжаться в течение всей жизни лабораторных животных.

**Основные токсикологические характеристики.** Степень токсичности вещества измеряется его абсолютным количеством (дозой), вызывающим определенный биологический эффект, те или иные патологические изменения в организме. Из двух веществ более токсическим является то, которое вызывает одинаковые патологические проявления в меньшей дозе, или концентрации.

Неблагоприятный эффект воздействия различных доз и концентраций может проявляться в форме гибели организма или его функциональных изменений. В первом случае говорят о летальных (смертельных) концентрациях (ЛК, или  $CL$ ) или дозах (ЛД, или  $DL$ ), во втором — действующих, пороговых или недействующих концентрациях (дозах).

Существуют следующие дозы (концентрации) вредных веществ:

*минимальная смертельная доза {концентрация}* вещества  $LD_{T1n}$  —  $LK_{min}$  — наименьшее количество (концентрация) вещества, уже способное вызвать гибель отдельных животных;

*максимальная (абсолютно смертельная) или стопроцентная доза (концентрация)*  $LD_{T100}$  ( $LD_{100}$ ),  $LK_{T100}$  ( $LK_{100}$ ) — наименьшее количество (концентрация) вещества, которое вызывает гибель всех подопытных животных.

Поскольку величины  $LD_{TLN}$  и  $LD_{TAK}$  изменяются в широких пределах вследствие индивидуальной чувствительности живых организмов и различных условий, то чаще указывают величины статистически наиболее достоверные — среднесмертельные дозы и концентрации  $LD_{50}$ .

Доза выражается в единицах массы или объема вредного вещества на единицу массы животного (мг/кг). Концентрация воздействующего вещества выражается обычно в следующих единицах: мг/м<sup>3</sup>, мг/л, мг/см<sup>3</sup>, %, в частях на миллион (ppm).

*Среднесмертельная (или абсолютно смертельная) доза при введении в желудок  $LD_{50ж}$  — количество вредного вещества, вызывающего гибель 50 или 100% животных соответственно при однократном введении в желудок.*

*Среднесмертельная (или абсолютно смертельная) доза при нанесении на кожу  $LD_{50к}$  — количество вредного вещества, вызывающего гибель 50 или 100 % животных соответственно при однократном нанесении на кожу.*

Среднесмертельная (или абсолютно смертельная) концентрация вещества в воздухе  $LC_{50}$  — концентрация вещества, вызывающая гибель 50 или 100% испытуемых животных соответственно при ингаляционном воздействии в течение 2 — 4 ч.

Особенности обмена и депонирования радионуклидов в органах и тканях оценивают в единицах кБк/г, что отражает удельную радиоактивность массовой доли того или иного органа, подвергающегося воздействию. При этом необходимо иметь в виду различную радиочувствительность органов и тканей к облучению и разную скорость восстановительных процессов в них.

Опасность веществ устанавливается не только по показателям острой токсичности. Учитывается также степень опасности хронических отравлений по так называемым зонам острого и хронического действия. Для определения ранних функциональных изменений в биологических организмах определяют действующие дозы и концентрации, которые вызывают признаки интоксикации организма, а также пороговые и недействующие величины. Под термином пороговость понимают статистически достоверные изменения в организме, выходящие за пределы гомеостаза. Определение порогов острого и хронического действия позволяет установить зоны острого и хронического действия и подойти к обоснованию предельно допустимых концентраций.