

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию в качестве пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 6-05-1021-01 «Охрана труда на производстве»*

Минск
БГАТУ
2024

УДК 658.345(07)
ББК 65.246я7
Ф48

Авторы:

кандидат технических наук, старший преподаватель *Ал-й Л. Мисун*,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры *Л. В. Мисун*,
кандидат технических наук, доцент кафедры *Ал-р Л. Мисун*,
кандидат технических наук, доцент кафедры *А. Н. Гурина*

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий кафедрой *О. В. Малашевская*);
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусский государственный
технологический университет» *М. В. Балакир*

Физиологические и медико-биологические основы безопасности
Ф48 жизнедеятельности : пособие / Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск :
БГАТУ, 2024. – 312 с.
ISBN 978-985-25-0249-8.

Рассмотрены индивидуальные особенности поведения человека в опасной ситуации в зависимости от психического и физического состояния организма, влияние вредных факторов труда на психофизиологическое состояние человека, его адаптация к условиям окружающей и производственной среды, профилактическая токсикология.

Для студентов, обучающихся по специальности 6-05-1021-01 «Охрана труда на производстве», и слушателей института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК (специальность 1-59 01 05 «Охрана труда в сельском хозяйстве»).

УДК 658.345(07)
ББК 65.246я7

ISBN 978-985-25-0249-8

© БГАТУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ОПАСНОЙ СИТУАЦИИ	
1.1. Диагностика здоровья и прогнозирование функциональной активности организма человека	7
1.2. Возможности организма человека обнаруживать опасность и адекватно реагировать на нее, защитные реакции организма.....	16
2. ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА В ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЯХ	
2.1. Психофизиологическое состояние человека в проблеме безопасности	23
2.2. Особенности психологии человека в производственной безопасности	25
2.3. Психофизиологические причины ошибок и создания опасных производственных ситуаций.....	30
3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР	
3.1. Система анализаторов в процессе труда. Сенсорные системы, внутренняя среда обитания	36
3.2. Утомление работника, физические и нервно-психические нагрузки. Меры по снижению утомления.....	43
3.3. Профессиональный отбор, медико-психологические критерии	47
3.4. Работоспособность работников. Факторы ее определяющие.....	52
4. ФИЗИОЛОГИЯ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ. СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ	
4.1. Структурно-функциональная организация эндокринной системы	56
4.2. Пищеварительная система и ее значение в обеспечении здоровья человека.....	68
4.2.1. Органы, составляющие пищеварительную систему	68
4.2.2. Физиология и регуляция процессов пищеварения.....	88

5. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ДЫХАНИЯ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА	
5.1. Роль и место системы крово- и лимфообращения в поддержании жизнедеятельности организма.....	96
5.2. Физиология и регуляция деятельности сердечно-сосудистой и лимфатической систем.....	101
5.3. Дыхательная система. Физиология дыхания	114
6. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА ВО ВРЕМЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
6.1. Температура человека и ее суточное колебание	126
6.2. Обмен веществ как источник образования тепла.....	128
6.3. Физиологические механизмы теплоотдачи.....	132
7. ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	
7.1. Строение почек, легких, желудка. Процесс мочеобразования.....	135
7.2. Роль системы выделения в обеспечении здоровья человека.....	148
8. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	
8.1. Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека.....	153
8.2. Факторы, влияющие на здоровье	156
8.3. Факторы риска и заболеваемость.....	160
9. АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА К ВРЕДНЫМ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ	
9.1. Общие принципы и механизмы адаптации	163
9.2. Меры повышения устойчивости организма.....	170
9.3. Стресс и адаптационный синдром	175
10. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ	
10.1. Законы и закономерности гигиены.....	179
10.2. Влияние загрязнения среды обитания на здоровье населения.....	186

11. ВРЕДНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ТРУДА	
11.1. Влияние метеорологических условий на организм человека и его работоспособность	199
11.2. Виброакустические факторы	212
11.3. Неионизирующие излучения	228
11.4. Ионизирующие излучения	243
12. ОПАСНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ	
12.1. Возникновение экологических заболеваний природного и антропогенного характера	255
12.2. Вредное воздействие пыли на организм	267
12.3. Влияние патогенных микроорганизмов на здоровье человека	269
13. ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ТРУДА НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА	
13.1. Физические нагрузки и тяжесть труда	273
13.2. Нервно-психические нагрузки и напряженность труда	277
14. ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. ТОКСИКОМЕТРИЯ	
14.1. Общие сведения о токсичности веществ	280
14.2. Пути поступления, распределения и проявления действия вредных химических веществ	285
14.3. Факторы, влияющие на токсичность химических соединений	291
14.4. Методы детоксикации	298
14.5. Параметры токсичности и опасности вредных химических веществ	302
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	310
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	311

ВВЕДЕНИЕ

Пособие разработано в соответствии с учебной программой учебной дисциплины «Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности». Цель пособия: формирование у студентов системы знаний и умений в области учета и адаптации физиологических особенностей человека во время трудовой деятельности.

Производственная деятельность человека, протекающая на фоне определенного нервно-психического напряжения и воздействия на организм неблагоприятных факторов внешней и производственной среды, предъявляет высокие требования к его физическим и психическим функциям, качествам и возможностям. Для профессиональной деятельности инженера по охране труда в сельском хозяйстве необходимы знания о физиологических процессах, протекающих в организме, и его возможностях, чтобы в нужный момент оказать обоснованную помощь профилактическим или реабилитационным методом, научиться увеличивать резервные возможности организма работника с целью внесения соответствующих корректив в образ его жизни для сохранения оптимального здоровья и долгой творческой активности.

1. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ОПАСНОЙ СИТУАЦИИ

1.1. Диагностика здоровья и прогнозирование функциональной активности организма человека

Здоровье человека – это определяющий, системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий. Согласно официальному определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), которое содержится в предисловии к ее уставу, 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 (философское), которое дает методологическую установку на трактовку понятий нормы (здоровья) и болезней у всякого живого организма (растений, животных, людей) и из которого должны вытекать специальные определения здоровья;

- популяционное (здоровье населения, группы людей, популяции);

- индивидуальное – здоровье отдельного человека, которое необходимо рассматривать с двух позиций: а) чисто теоретической – как максимально возможный оптимум для человека, к которому нужно стремиться в идеале, но которого практически невозможно достичь; б) практической – как фактическая характеристика уровня здоровья конкретного человека, с помощью которой можно было бы всякому медицинскому работнику достаточно легко определить, здоров или болен данный индивид.

Значимость здоровья в настоящее время особенно возросла, поскольку состояние здоровья людей существенно изменилось и возникли новые закономерности характера 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 – старение 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, Covidом и др.;

- определилась многофакторность влияния на здоровье человека и появилась необходимость системного подхода к профилактике заболеваний.

Здоровье человека определяется совокупным влиянием природных и социально-экономических факторов жизни человека (рис. 1.1). В связи с этим среди актуальных проблем, изучаемых гигиенической наукой и практикой, ведущее значение имеет проблема оценки с научно-гигиенических позиций взаимосвязи человека с факторами окружающей среды.

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

Гигиеническая (донозологическая) диагностика – это система мышления и действий, цель которых установить зависимость между состоянием среды и здоровьем человека еще до развития заболевания. Ниже приведены основные эффекты, регистрируемые

при изучении воздействия факторов окружающей среды в клинических и эпидемиологических исследованиях, и их характеристика:

- смерть – необратимый исход;
- болезнь – сочетание симптомов, физических признаков и результатов лабораторных исследований;
- нетрудоспособность, ограничение привычной деятельности – функциональный статус пациентов с точки зрения их способности быть независимыми от других и самостоятельно выполнять свои повседневные функции в быту, во время работы или на отдыхе;
- преморбидные (бессимптомные, доклинические) состояния – временно компенсированные, скрытые изменения, выявляемые только с использованием комплекса чувствительных методов;
- дискомфорт – симптомы, причиняющие неудобства (усталость, тошнота, неприятный запах, головокружение и др.);
- неудовлетворенность жизнью – нарушение эмоционального и психического состояния (возбуждение, депрессия и др.).



Рис. 1.1. Влияние факторов и условий окружающей среды на здоровье человека

Неблагоприятное влияние среды обитания и внутренней среды человека может приводить к нарушению его здоровья в виде болезни. Болезнь – это нарушение нормальной жизнедеятельности организма, которое характеризуется ограничением приспособляемости и понижением трудоспособности.

В настоящее время существует множество болезней, названия которых имеются в Международной классификации болезней X пересмотра (МКБ–X), прошедших апробацию во Всемирной организации здравоохранения. Болезнь отдельного человека, ее возникновение называется заболеванием. Существует понятие о заболеваемости как о медико-статистическом показателе распространенности совокупности отдельного или многих заболеваний. Массовое распространение заболеваний, превышающее контрольные цифры, называется эпидемией.

Фактор окружающей среды может быть фактором риска, т. е. компонентом этиологии, который хотя и важен для развития и прогрессирования заболевания, но сам по себе в отсутствие других условий (например, генетической предрасположенности) не способен вызывать заболевание у конкретного человека.

Одним из важнейших элементов методологии гигиенической диагностики является оценка риска неблагоприятного влияния факторов среды на здоровье человека. Риск (здоровью) по рекомендации ВОЗ определяется как ожидаемая частота нежелательных эффектов, возникающих от воздействия загрязнителей. Они могут быть в воздухе, воде, почве, продуктах питания, различных материалах – строительных, упаковочных изделиях, например, полимерных материалах.

Риск определяется обычно как потенциальный (возможный), а не неизбежный, т. е. не обязательно реализуемый и, как правило, устранимый. Поэтому правомочно и другое определение риска – как вероятность повреждения здоровья в виде недомогания, заболевания, инвалидности, смертности, которые могут наступить при определенных обстоятельствах.

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 по степени ее непригодности для человека может быть определен путем сравнения фактических параметров вредных факторов (химические соединения, пыль, излучения и пр.) 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. Сведения о риске для здоровья могут быть использованы при эксплуатации предприятий, контакте человека с различными материалами и пр. Алгоритм действий состоит из определения вредных факторов среды обитания (химических, физических, биологических), которые могут быть неблагоприятны для здоровья человека, и их источников. Следующий этап заключается в оценке экспозиции вредного фактора на организм человека. Обязательно должны быть подвергнуты анализу пути их поступления (контакта) в организм и характеристика населения (женщины, мужчины, дети, подростки, пенсионеры, работники и их профессии и др.). Кроме того, необходимо получить и проанализировать данные о состоянии здоровья населения. Они могут быть представлены материалами физического развития (вес, рост и пр.), жалобами, обращаемостью за медицинской помощью, заболеваемостью с временной утратой трудоспособности, профессиональной и (если есть) экологически обусловленной заболеваемостью, инвалидностью, смертностью.

Адекватнее всего неблагоприятное воздействие вредных и опасных факторов регистрируется в виде изменений показателей заболеваемости населения, основой которой является снижение адаптационных возможностей организма человека.

Расчеты риска дают возможность составлять прогнозы изменения здоровья в отдаленные периоды. Получаемые сведения о риске для здоровья необходимы, прежде всего, административным учреждениям, которые имеют право принимать соответствующие решения по оздоровлению среды обитания человека и улучшению его здоровья.

В настоящее время оценка риска здоровья работников проводится в соответствии с «Гигиеническими критериями оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса». Критерии оценки риска условий труда

классифицируются на основе двух составляющих: вредный производственный фактор, физиологическая реакция и здоровье работника.

Оптимальные условия труда (класс 1) – отсутствие риска для работника. При этом отсутствуют вредные производственные факторы, либо они находятся в пределах 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 организм восстанавливается 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 их потомство. 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 увеличивается 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.

По завершении оценки риска все полученные данные и рекомендации передаются органам, отвечающим за управление риском, которые с учетом экономических, политических, социальных и других мотивов разрабатывают методы предотвращения или снижения риска, устанавливают при необходимости динамический контроль за уровнем рисков, экспозицией и состоянием здоровья населения.

При гигиенической диагностике воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения важную роль играют компьютерные системы сбора и анализа данных о качестве окружающей среды и состоянии здоровья населения, то есть социально-гигиенический мониторинг.

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.

Мониторинг осуществляется:

- наблюдением за показателями здоровья населения и состояния среды обитания человека;
- сбором, хранением, обработкой и систематизацией полученных наблюдений;

– использованием всех информационных данных структурными подразделениями, учреждениями федеральных органов исполнительной власти.

Проведение социально-гигиенического мониторинга обеспечивает:

– установление факторов, оказывающих вредное воздействие на человека, и их оценку;

– прогнозирование состояния здоровья населения и среды его обитания;

– определение мероприятий и подготовку решений по предупреждению, устранению и уменьшению воздействия вредных и опасных факторов среды обитания на здоровье населения;

– информирование населения и властные органы о результатах; социально-гигиенического мониторинга.

Данные социально-гигиенического мониторинга являются основой для идентификации возможных вредных и опасных факторов и получения доказательств связей «среда–здоровье» с установлением количественных значений риска возникновения и развития определенных заболеваний.

В современной медицине, как правило, основное внимание уделяется негативному компоненту здоровья, т. е. болезни. Не определяется количество здоровья, а констатируется факт его утраты. По тяжести возможные влияния на здоровье подразделяются на *катастрофические* (безвременная смерть, уменьшение продолжительности жизни, инвалидизация, задержка умственного развития, врожденные уродства), *тяжелые* (дисфункция органов и систем организма, дисфункция возрастного развития, поведенческие дисфункции) и *неблагоприятные* (изменение массы тела, обратимая дисфункция органов и систем и др.).

Основными количественными показателями здоровья являются уровень физического развития и его гармоничность; функциональное состояние основных органов и систем (кровообращения, дыхания и др.); резистентность организма по отношению к неблагоприятным факторам окружающей среды (оценивается по частоте и длительности заболеваний за определенный период).

В качестве примера оценки состояния здоровья человека приводим те практические критерии, которые используются органами здравоохранения. В условиях производства оценивается прежде

всего наличие или отсутствие профессиональных заболеваний, возникающих от воздействия вредных производственных факторов (пыли, вибрации и др.) при работе в неблагоприятных условиях труда. Кроме того, используется еще один критерий – уровень производственно-обусловленной заболеваемости. Это такая заболеваемость, которая увеличивается с ростом стажа работы в неблагоприятных условиях.

При гигиенической (донозологической) диагностике основное внимание уделяется выявлению предболезненных (преморбидных) состояний. Цель этой диагностики – оценка состояния адаптационных систем, раннее выявление напряжения или нарушения адаптационных механизмов, которые в дальнейшем могут привести к болезни. Преморбидные состояния отмечаются у относительно большого числа «практически здоровых» людей.

Профилактику нарушений состояния здоровья человека можно осуществлять разными путями. *Первичная (радикальная)* профилактика направлена на причину того или иного заболевания. Большинство гигиенических мероприятий, включая гигиеническое нормирование воздействия факторов окружающей среды, предусматривают либо полное устранение вредного и опасного факторов, либо снижение их воздействия до безопасных уровней, что является главными целями первичной профилактики заболеваний.

Цель *вторичной профилактики* – раннее выявление патологических состояний, тщательное медицинское обследование внешне здоровых людей, подвергавшихся воздействию неблагоприятных факторов или имеющих повышенный риск развития тех или иных заболеваний. Вторичная профилактика включает в себя индивидуальные или групповые мероприятия, направленные на повышение резистентности организма, обучение работников и в целом населения приемам безопасной работы и жизни в неблагоприятных условиях среды обитания.

Третичная профилактика (реабилитация) – это комплекс мер по предотвращению осложнений, которые могут возникнуть в ходе уже развившегося заболевания. Это наименее эффективный способ профилактики. Известно, что оздоровление образа жизни и окружающей среды снижает заболеваемость и смертность на 20 %–50 %, а только лечебное вмешательство снижает эти показатели лишь на 10 %.

1.2. Возможности организма человека обнаруживать опасность и адекватно реагировать на нее, защитные реакции организма

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 экстеро- и интерорецепторы, баро- и хеморецепторы, 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 (эффективная температура – тепловое ощущение человека при различных сочетаниях температуры, влажности, скорости движения воздуха). Оптимальный газообмен наблюдается при парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе в пределах 20,0–16,9 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, то есть способность организма приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды. 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, поведения 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. 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 возникнуть 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 поступления вредных веществ из 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.

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. Диапазон между этими двумя значениями называется пределами толерантности (выносливости), а кривая, характеризующая зависимость переносимости от величины фактора, называется кривой толерантности.

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 (лат. *pessimum* – причинять вред). 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.).

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, т. е. в 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 действие 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.

Управлять адаптацией, способствовать повышению выносливости своего организма – эту цель должны ставить перед собой люди. 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.

Жизнь современного человека весьма мобильна, и в обычных условиях его организм непрерывно адаптируется к целому комплексу природно-климатических и социально производственных факторов (рис. 1.2). «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.

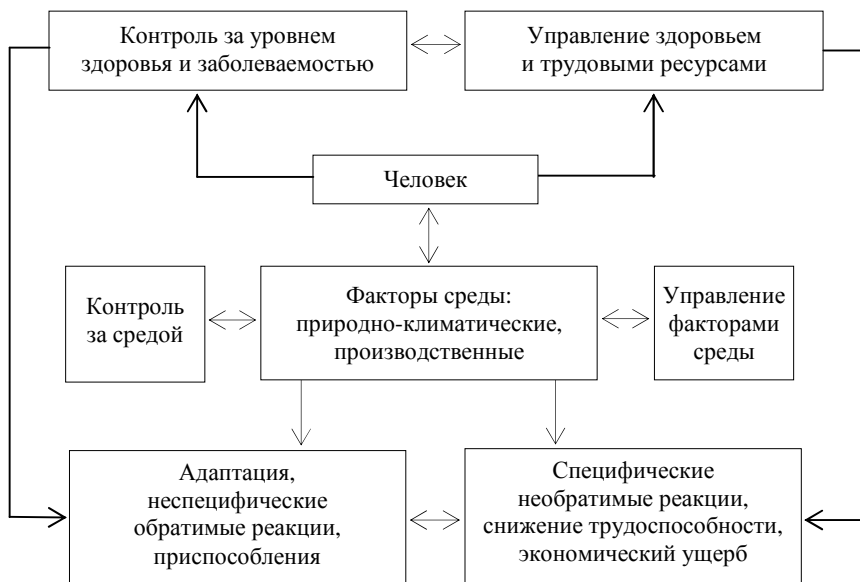


Рис. 1.2. Адаптация к условиям окружающей среды и управление здоровьем человека

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

2. ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА В ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЯХ

2.1. Психологическое состояние человека в проблеме безопасности

Психология безопасности на основании технических данных и психологического анализа причин аварийности, несчастных случаев, гибели людей определяет роль человека в их генезе. Ею изучаются структуры повышения эффективности труда и пути обеспечения его безопасности средствами и методами защиты. Разрабатываются методики воспитания и другие мероприятия, обеспечивающие высший уровень надежности человека в быту и на производстве. Природная предрасположенность человека к несчастным случаям проявляется в виде брака в труде, допущения аварий, пожаров и т. п. Наряду с природными (характеристическими) данными к несчастным случаям ведет людей отсутствие знаний по обеспечению проблемы безопасности и недостаточный уровень ответственности специалистов за действия, приведшие к авариям и гибели людей.

Отсутствие знаний или пассивность в деятельности создает опасное поведение, опасные действия, травматизм и гибель людей. Человек нарушает правила безопасности либо в связи с отсутствием знаний, в случае пассивности, или в связи с характерологическими недостатками в форме неспособности своевременно и эффективно выполнять профилактические действия.

Причины производственных аварий и травм, связанных с человеческим фактором, объединяются в трех основных направлениях – это уровень психологической атмосферы (сознания) в обществе (информированность, познание, настроенность на обеспечение безопасности, ответственность за отсутствие обеспечения безопасности); состояние производственной (окружающей) обстановки (знание принципов обеспечения безопасности, психологическая настроенность, контроль за действием людей и т. п.); характер личности (врожденные свойства, приобретенные знания и психологическая настроенность на действия по предупредительности несчастных случаев).

Степень опасности в процессе труда зависит от характера производственной деятельности. Необходимо знать и зависимость аварийности и несчастных случаев от опыта и времени работы человека по своей специальности. Так, до 50 % несчастных случаев на сложных производствах происходят у лиц в течение первого года начала работы по приобретенной специальности, а 30 % наблюдается у людей после 15-летнего труда. В это время человек обычно уже утрачивает воспитанную осторожность, что ведет к ошибочным действиям и завершается аварией или гибелью людей.

Компьютеризация производства, устраняя физический труд, заменяет его нервно-психологической нагрузкой на человека. В связи с повышенной нагрузкой на психологическую деятельность у людей могут возникать острые, затяжные и хронические нервно-психические расстройства.

Актуальное значение имеет также проблема надежности работы человека в структуре «человек–техника–среда». Анализ множества ошибок операторов технических средств, приводящих к остановке и авариям, показал, что 50 % из них происходят в связи с отсутствием учета психологического группового показателя, 22 % – психофизического, 6 % – физиологического, 19 % – гигиенического и 3 % – антропометрического.

Психологическая настроенность руководителя и трудового коллектива составляет основу для воспитания и формирования постоянных действий людей по обеспечению безопасности, а структура психологии входит всегда в управление безопасностью труда. Содержание управленческой деятельности по совершенствованию обеспечения безопасности труда включает:

- уяснение руководителями целей, стоящих перед коллективом, возможностей и путей их достижения;
- формирование проблем на основе выявления несоответствия между целями и возможностями;
- выработка действий и условий для достижения намеченных целей;
- составление планов (программ, графиков), фиксирующих порядок действий и сроки исполнения;
- организация выполнения планов, контроль за их выполнением и т. п.

Во всем должны быть предусмотрены психологические методики, которые повышают деятельность людей по созданию благоприятных условий труда, снижают текучесть кадров, внедряют структуры профилактического отбора. В настоящее время основное внимание уделяется созданию систем контроля за состоянием охраны труда, но для эффективной деятельности в этом направлении необходимо совершенствовать систему управления безопасностью труда по обеспечению психологических, организационных и технических решений.

В психологическом аспекте необходимо знать, что ободрение, поощрение всегда более восприимчиво и эффективно, чем порицание и наказание. 70 %–80 % результатов, достигнутых человеком в процессе его деятельности, зависят от ее мотивов (психологии преподавания) и лишь 20 %–30 % – от интеллекта личности. В структуре управления должны учитываться следующие психологические основы:

- работу по повышению безопасности необходимо направлять на работника, но наибольшие усилия должны быть возложены на руководство и трудовой коллектив;

- не только непосредственное, но и высшее руководство должно положительно относиться к проблеме безопасности труда;

- безопасность работы необходимо повышать, прежде всего, через коллектив: путем обсуждений, дискуссий и учитывания просьб работающих;

- в обеспечении безопасности и формировании настроенности на безопасные методы труда должны участвовать средства массовой информации.

Рассматривая вопросы психофизиологического состояния человека в проблеме безопасности труда необходимо учитывать ее связь с общественной психологией и психологией труда, с различными отраслями юридической, криминальной психологии, а также специфические мероприятия по отношению к мужчинам и женщинам, так как обеспечение безопасности труда женщин имеет свои особенности.

2.2. Особенности психологии человека в производственной безопасности

Проблемы аварийности и травматизма на современном производстве невозможно разрешить только инженерными методами. Часто

причиной травматизма выступают не опасные условия труда, а опасные действия специалиста, в основе аварийности и травматизма лежат не инженерно-конструкторские дефекты, а организационно-психологические причины, слабое воспитание производственной дисциплины, недостаточная установка специалиста на соблюдение техники безопасности, допуск к опасным видам работ лиц с повышенным риском травматизма, пребывание людей в состоянии утомления или особом психическом состоянии.

Рассматривая причины роста травматизма в связи с человеческими факторами, необходимо указать, что развитие техники опережает психологические мероприятия по защите от ее опасных и вредных воздействий. Распространение технических средств в производственной деятельности и отсутствие необходимой информации об их опасности и соответствующего воспитания порождает адаптацию к техническим факторам опасности.

Усложнение производственных процессов, конкретизация управления производством, рост цены ошибки работника, т. е. экономического ущерба при аварии, и возрастание требований к обеспечению производственной безопасности выдвигают важное направление психологии безопасности: проблему психической надежности работника.

От ошибочных действий работника происходят не только аварии с потерей крупных материальных ценностей, но и аварии, связанные с травматизмом и гибелью людей. В решении этой проблемы имеет особое значение роль личности, ее социальная направленность, степень профессиональной обученности, индивидуальные особенности. Психологией безопасности труда рассматриваются психические процессы, психические свойства, особенно подробно анализируются различные формы психических состояний, наблюдаемых в процессе трудовой деятельности. Основываясь на методологических требованиях о том, что психология безопасности труда охватывает все аспекты охраны труда, вопросы динамики работника в течение дня, деятельности человека в условиях различных ритмов труда, специфики трудовых процессов в условиях механизации и компьютеризации должны рассматриваться не только с позиции обеспечения безопасности труда, но и с учетом продления профессионального долголетия специалистов.

Труд в нашем обществе из физического все более становится психическим (интеллектуальным, эмоционально насыщенным). Основной профессией выступает операторская деятельность по управлению машинами и комплексами машин. Изучение психологических и психофизиологических аспектов операторской деятельности направлено на разработку мероприятий по профилактике ошибочных действий, производственного утомления, особенно его тяжелых форм, ведущих к развитию профессиональных неврозов.

Все большую остроту приобретают психологические проблемы в связи с расширением методов опосредованного, дистанционного управления производственными процессами, машинами и системами машин.

Содержание вопросов психологии, относящихся к проблемам производственной безопасности, может меняться в зависимости от организации и характера производства, структуры работающего персонала, степени важности работы, опасности ее для человека и других производственных факторов.

Организация контроля за психическим состоянием работников необходима и в связи с возможностью появления у специалистов особых психических состояний, которые не являются постоянным свойством личности, но, возникая спонтанно или под влиянием внешних факторов, существенно изменяют работоспособность человека.

Перечень важных форм особых психических состояний:

– запредельные формы психического напряжения (тормозные и возбуждаемые):

– тяжелые формы утомления (в 30 % случаев приводят к травмам);

– пароксизмальные состояния (приступообразные);

– дремотные и просоночные состояния;

– психическое угнетение;

– аффективные состояния;

– лекарственные астении;

– инфекционные (соматические) состояния;

– алкогольные и наркотические состояния и энцефалопатии;

– десинаронозы и др.

Среди особых психических состояний, имеющих большое значение для психической надежности работника, необходимо определить пароксизмальные расстройства сознания, психогенные настроения, состояния, связанные с приемом психически активных средств (стимуляторов, транквилизаторов, алкогольных напитков).

Пароксизмальные состояния. Пароксизмальные состояния – группа расстройств различного происхождения (органические заболевания головного мозга, эпилепсия, обмороки), характеризующихся кратковременной (от секунд до нескольких минут) утратой сознания без падения. При выраженных формах наблюдаются падения работника и судорожные движения тела и конечностей (эпилепсия).

Пароксизмальное состояние в форме обморочных расстройств наблюдается у хронически больных, а также при тяжелом утомлении, перегревах головы, некоторых соматических заболеваниях у мужчин и женщин.

Пароксизмальные перерывы в операторской деятельности могут быть причиной губительных последствий, особенно для водителей автотранспорта, верхолазов, монтажников, строителей, работающих на высоте.

Современные средства психофизиологических исследований позволяют своевременно выявлять лиц со скрытой склонностью к пароксизмальным (обморочным) состояниям.

Дремотные и просоночные состояния. Компьютеризация процесса управления снижает долю физической деятельности работника. При этом может притупляться степень ответственности, уменьшается подвижность и утрачивается бдительность. Аварийная ситуация, возникая в момент снижения бдительности, может вести к происшествию в результате запоздалых реакций работника. Монотонный (однообразный и малоподвижный) труд сопровождается низкой активностью оператора и ведет к сноподобному (дремотному) состоянию с кратковременным от 30–50 секунд до 3–5 и более минут с выключением сознания в виде засыпания. Приступы (пароксизмы) сонливости при однообразной и монотонной работе ведут к утрате у работника на определенный период (5–10 минут), необходимой профессиональной деятельности (сон).

Просоночные состояния характеризуются снижением работоспособности человека на период после пребывания во сне.

Психическое угнетение. Психогенные изменения настроения и аффективные состояния возникают под влиянием психических воздействий. Снижение настроения и апатия могут длиться от нескольких часов до 1–2 месяцев. Снижение настроения наблюдается при гибели родных и близких людей, после конфликтных ситуаций. При этом появляются безразличие, вялость, общая скованность,

заторможенность, затруднение переключения внимания, замедление темпа мышления. Снижение настроения сопровождается ухудшением самоконтроля и может быть причиной производственного травматизма.

Аффективное состояние. Под влиянием обиды, оскорбления, производственных неудач могут развиваться аффективные состояния (аффект – взрыв эмоций). В состоянии аффекта у человека развивается психогенное (эмоциональное) сужение объема сознания. При этом наблюдаются резкие движения, агрессивные и разрушительные действия. Люди, склонные к аффективным состояниям, относятся к категории с повышенным риском травматизма и не должны назначаться на специальности с высокой ответственностью.

Лекарственные изменения. Лекарственные и алкогольные изменения психического состояния связаны с употреблением психически активных средств. Современная медицина располагает большим арсеналом психофармакологических средств, оказывающих влияние на психическую деятельность и состояние людей. Следует также отметить, что прием легких стимуляторов (чай, кофе) помогает в борьбе с сонливостью и может способствовать повышению работоспособности на короткий период. Однако прием активных стимуляторов (первитин, фенамин) на ответственных видах работ способен вызвать отрицательный эффект (ухудшается самочувствие, уменьшается подвижность и скорость реакций).

Распространенное среди населения употребление транквилизаторов представляет особую проблему. Оказывая выраженное успокоение и предупреждая развитие неврозов, эти препараты могут снизить психическую активность, замедлять реакции, вызывать апатию и сонливость.

Недопустимость употребления алкогольных напитков в рабочее время и отрицательное влияние их на работоспособность общеизвестны. По различным данным автомобильный травматизм в 40 %–60 % случаев связан с употреблением алкоголя. По некоторым данным 64 % случаев со смертельным исходом на производстве обусловлены приемом алкоголя и ошибочными действиями погибших.

С позиций безопасности труда особое значение имеет постанко-гольная астения (похмелье). Развиваясь в дни после употребления алкоголя, она не только снижает работоспособность человека, но и ведет к заторможенности и снижению чувства осторожности.

Длительное употребление алкоголя вызывает алкоголизм – болезненное привыкание к алкоголю, сопровождающееся различной степенью деградации личности. Специалисты, страдающие алкоголизмом, утрачивают свойственную им точность и аккуратность в работе. Они все чаще допускают ошибки и становятся неспособными к решению сложных творческих задач, к быстрой и правильной ориентации в ненормативных производственных ситуациях.

Начавшись с волевых и характерологических расстройств, алкогольная деградация по мере нарастания органического поражения головного мозга ведет к инвалидности личности и деквалификации специалиста. В настоящее время можно считать, что пьянство и алкоголизм, ведущие к изменению психических функций человека, являются главной причиной производственного травматизма. В интересах безопасности труда лица с начальными степенями алкоголизма должны своевременно выявляться, так как не могут допускаться к высокоответственным работам.

Изменчивость психической деятельности под влиянием бытовых и производственных воздействий ставит перед инженерами-организаторами производственной деятельности задачу создания и совершенствования системы контроля за психическим состоянием работника.

2.3. Психофизиологические причины ошибок и создания опасных производственных ситуаций

Психологическая наука дает все основания для заключения, что переделать нервную систему в сильную невозможно; в практике нет компенсаторных психических механизмов, обеспечивающих безопасную и своевременную деятельность людей с нервно-психической неустойчивостью в критических и напряженных ситуациях.

К данным, дающим основания оценить личность как склонную к несчастным случаям в быту и на производстве, можно отнести следующие:

- неуважение к нормам, правилам, безразличное отношение к общественному мнению, к людям, безответственность, стремление к свободе поведения;
- склонность к конфликтам, несерьезность, агрессивность по отношению к окружающим, нетерпимость к их мнению и поведению, несовпадающим с желаемым;

– чрезмерная самоуверенность, стремление выделяться, эгоцентризм, импульсивность, беспечность, ветреность, скованность, неуверенность в себе, подозрительность;

– низкая способность к установлению связей между отдельными факторами, их обобщению, к подчинению, самоконтролю;

– повышенная авантюризм, склонность к риску или, наоборот, сильная боязнь неудачи, нерешительность.

Наряду с психологией поведения важными являются признаки характерологические и психологические; необходимо учитывать и биологическую основу:

– физическое развитие, отсутствие выраженных дефектов;

– уравновешенность характера;

– наличие хронических и частота острых заболеваний;

– степень интеллектуальной основы;

– психические отклонения и болезни.

Частота несчастных случаев у лиц, много лет проработавших на опасном производстве, связана с адаптацией (привыканием) к условиям труда и недооценкой возможности несчастных случаев в связи с тем, что их не было уже многие годы.

В деятельности специалиста в современных условиях большее значение приобретает психический потенциал личности, под которым понимается объем психических резервов человека и его возможность к совершенствованию. Психика (психическая деятельность) представляет функцию мозга, проявляющуюся в отражении предметов и явлений реального мира. В структуре психической деятельности человека различаются три основные группы компонентов: психические процессы, свойства и состояния.

Психические процессы составляют основу психической деятельности. Без них невозможно формирование знаний и приобретение жизненного опыта. Различают познавательные, эмоциональные и волевые психические процессы (ощущения, восприятия, память и др.).

Психические свойства личности – это ее существенные особенности (способности, характер, темперамент и т. д.). Среди качеств личности выделяют интеллектуальные, эмоциональные, волевые, моральные, трудовые. Свойства устойчивы и постоянны.

Психические состояния отличаются разнообразием и временным характером, определяют особенности психической деятельности

в конкретный момент (период) и могут положительно или отрицательно сказываться на течении всех психических процессов. Исходя из задач психологии труда и проблем психологии безопасности труда, целесообразно выделять производственные психические состояния и особые психические состояния, имеющие большое значение в организации профилактики аварийности и производственного травматизма (рис. 2.1).

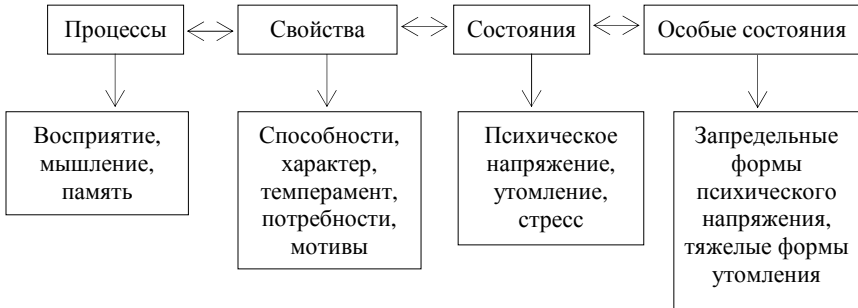


Рис. 2.1. Психическая деятельность в процессе труда

Эффективность деятельности (работоспособности) человека базируется на уровне психического напряжения (стресса). Психическое напряжение оказывает положительное влияние на результаты труда до определенного предела. Превышение критического уровня активизации ведет к снижению результатов труда вплоть до полной утраты работоспособности. Чрезмерные формы психического напряжения обозначаются как запредельные. Нормальная нагрузка (эмоциональная стимуляция) оператора не должна превышать 40 %–60 % и только в кризисных ситуациях она может возрасти до 80 % максимальной нагрузки, т. е. нагрузки до предела, когда наступает снижение работоспособности.

Таким образом, психическое напряжение развивается прямо пропорционально трудности задачи. Легкие задачи решаются с минимальной затратой сил, сложные и новые действия требуют более высокой степени психического напряжения. Психическое напряжение – физиологическая реакция организма, мобилизующая его ресурсы на выполнение более трудных задач. Психическое напряжение стимулирует физические и психические процессы организма

человека, повышает его адаптационные способности. Психическое напряжение – биологически и социально необходимая (полезная) реакция, в ее формировании ведущее значение принадлежит сознанию.

Реакция напряжения развивается в ответственной обстановке, а также при выполнении сложных производственных заданий, изменении стереотипа действий, среды обитания и при воздействии чрезмерных (экстремальных) условий. Под влиянием психического напряжения изменяются жизненно важные функции организма: обмен веществ, кровообращение, дыхание. В поведении человека отмечается общая собранность, действия становятся более четкими, повышается скорость двигательных реакций, возрастает физическая работоспособность. При этом обостряются восприятия, ускоряется процесс мышления, улучшается память, повышается концентрация внимания.

Запредельные формы психического напряжения вызывают дезинтеграцию психической деятельности различной выраженности, что в первую очередь ведет к снижению индивидуально свойственного человеку уровня психической работоспособности. В более выраженных формах психического напряжения утрачиваются живость и координация действий, могут появляться непродуктивные формы поведения и другие отрицательные явления. В зависимости от преобладания возбудительного или тормозного процесса можно выделить два типа запредельного психического напряжения – тормозной и возбудимый. Тормозной тип – характеризуется скованностью и замедленностью движений. Специалист не способен с прежней ловкостью производить профессиональные действия. Снижается скорость ответных реакций. Замедляется мыслительный процесс, ухудшается память, появляются рассеянность и другие отрицательные признаки, не свойственные данному человеку в спокойном состоянии.

Возбудимый тип проявляется гиперактивностью, многословностью, дрожанием рук и голоса. Работники совершают многочисленные, не диктуемые конкретной потребностью действия. В общении с окружающими они обнаруживают раздражительность, вспыльчивость, не свойственную им резкость, грубость, обидчивость.

Оба типа запредельного психического напряжения сопровождаются выраженными вегетативно-сосудистыми изменениями (бледность лица, капли пота, учащенный пульс). Критерием установления

запредельного психического напряжения считается снижение уровня интеллектуальной (профессиональной) работоспособности работника в сложной обстановке. Психологические исследования показали возрастание психического напряжения при решении сложных (ответственных) задач, этим обеспечивается психофизиологический оптимум. Однако в условиях чрезмерной эмоциональной активации, прежде всего, затрудняются сложные (интеллектуальные) и новые (не ставшие привычными) действия. Простые и хорошо знакомые действия могут сохраняться (механические) даже при резких аффективных состояниях.

Социальные обстоятельства и производственные условия формируют более десяти психологических причин осознанного нарушения правил безопасности труда.

Экономия сил – действия, связанные со стремлением облегчить трудовые условия. Работники не используют индивидуальные и коллективные средства защиты, не выполняют защитные операции. Выбирают более легкие, но и более опасные действия, рабочие позы и движения. Стремление к экономии сил обостряется на более тяжелых видах производственной деятельности. Экономия времени проявляется при намерении увеличить производительность труда за счет ускорения темпа работы, сокращения объема мероприятий или производства, отдельных действий, не влияющих на конечный результат труда, не необходимых для обеспечения безопасности.

Адаптация к опасности происходит, когда человек по мере работы в опасных условиях привыкает, использует имевшиеся благоприятные исходы ошибочных действий и в его сознании формируется мнение о безопасности этого вида труда.

Недооценка опасности базируется на появлении в сознании уверенности в отсутствии ответственности за свои ошибки. Многолетнее отсутствие травм и гибели людей формирует ошибочное мнение о невозможности чрезвычайных ситуаций при нарушении режима труда и т. п.

Самоутверждение в глазах коллег, желание нравиться окружающим сопровождается эгоизмом. Эгоизм – стремление выделиться из окружающих путем демонстрации решительности, смелости в работе в условиях повышенной опасности. Стремление следовать групповым безопасным нормам трудового коллектива

не всегда оценивается. В коллективе не наказывается нарушение требований по безопасности труда.

Для выполнения плана любой ценой люди идут на ускоренные действия путем несоблюдения технических мероприятий по обеспечению профилактики чрезвычайных ситуаций и аварий.

Играет роль также ориентация на идеалы. В результате общения с нарушителем режима труда молодой сотрудник на фоне отсутствия опыта и критического подхода к событиям копирует деятельность своего руководителя. Таким может быть даже мастер или бригадир. Самоутверждение в собственных глазах может быть причиной характера и соответственного игнорирования требований по обеспечению безопасности труда. Переоценка собственного опыта дает человеку основание предполагать, что его знания и умение действовать в критической ситуации гарантирует ему возможность быстро и решительно принять меры по предупреждению аварий и ликвидации предаварийной ситуации.

Привычка работать с нарушениями также влияет на ситуацию. Многократно работая в определенных целях с нарушениями, в сознании формируется уверенность и спокойствие, в конечном счете, ведущее к трагедии.

Стрессовые состояния снижают глубину анализа ситуации, способствуют быстрому принятию решения без всесторонней оценки и согласования с данными о путях предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Важна и склонность к риску как черта характера. Такие люди испытывают удовлетворение не только при повышении скорости при управлении транспортными средствами, но и склонны ко многим другим действиями, которые могут создать неприятность.

Утомляемость – физическое и интеллектуальное ослабление, к концу рабочего дня создает условия для несвоевременного выявления замедленных решений и действий.

Необходимо иметь в виду, что основанием для несоблюдения требований по обеспечению безопасности является социальная и производственная безнаказанность работника, совершающего опасные действия. Снисходительность руководителя производственного процесса базируется обычно на отсутствии его ответственности за действия лиц, подлежащих его руководству.

3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

3.1. Система анализаторов в процессе труда. Сенсорные системы, внутренняя среда обитания

Система анализаторов в процессе труда включает следующие звенья: 1) *периферический прибор*, который воспринимает внешнее воздействие (свет, запах, вкус, звук, прикосновение) и преобразует его в нервный импульс; 2) *проводящие пути*, по которым нервный импульс поступает в соответствующий корковый нервный центр; 3) *нервный центр* в коре большого мозга (корковый конец анализатора). Все анализаторы делятся на два типа. Анализаторы, осуществляющие анализ и синтез окружающей среды, называются *внешними*, или *экстерорецептивными*. К ним относятся зрительный, слуховой, обонятельный, тактильный и др. Анализаторы, осуществляющие анализ явлений, которые происходят внутри организма, называются *внутренними*, или *интерорецептивными*. Они дают информацию о состоянии сердечно-сосудистой, пищеварительной систем, органов дыхания и др. Одним из главных внутренних анализаторов является двигательный анализатор, который дает информацию в мозг о состоянии мышечно-суставного аппарата. Его рецепторы имеют сложное строение и расположены в мышцах, сухожилиях и суставах.

Известно, что некоторые анализаторы занимают промежуточное положение, например вестибулярный анализатор. Он находится внутри организма (внутреннее ухо), но возбуждается внешними факторами (ускорение и замедление вращательных и прямолинейных движений).

Периферическая часть анализатора превращает определенные виды энергии в нервное возбуждение, при этом для каждого из них существует собственная специализация (холод, тепло, запах, звук и т. д.).

Орган зрения. Орган зрения – один из главных органов чувств, он играет значительную роль в процессе труда. В многообразной деятельности человека, в исполнении многих самых тонких работ органу зрения принадлежит первостепенное значение. Достигнув совершенства у человека, орган зрения улавливает световой поток, направляет его на специальные светочувствительные клетки,

воспринимает черно-белое и цветное изображение, видит предмет в объеме и на различном расстоянии.

Орган зрения расположен в глазнице и состоит из глаза и вспомогательного аппарата (рис. 3.1). Глаз (*oculus*) состоит из глазного яблока и зрительного нерва с его оболочками. Глазное яблоко имеет округлую форму, передний и задний полюсы. Первый соответствует наиболее выступающей части наружной фиброзной оболочки (роговицы), вторая оболочка (сосудистая) – состоит из множества мелких сосудов, по которым кровь снабжает глаз кислородом и питательными вещества. Линия, соединяющая эти точки, называется наружной осью глазного яблока, а линия, соединяющая точку на внутренней поверхности роговицы с точкой на сетчатке, получила название внутренней оси глазного яблока. Изменения соотношений этих линий вызывают нарушения фокусировки изображения предметов на сетчатке, появление близорукости (миопия) или дальнозоркости (гиперметропия).

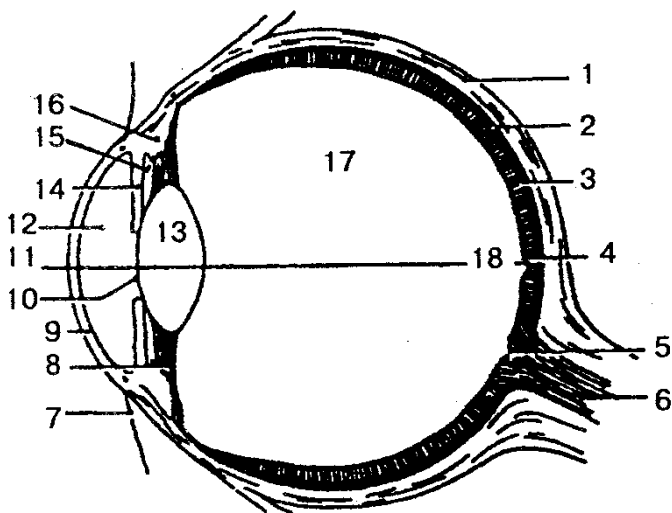


Рис. 3.1. Строение глаза (схема):

- 1 – склера; 2 – сосудистая оболочка; 3 – сетчатка; 4 – центральная ямка;
- 5 – слепое пятно; 6 – зрительный нерв; 7 – конъюнктура; 8 – цилиарная связка;
- 9 – роговица; 10 – зрачок; 11, 18 – оптическая ось; 12 – передняя камера;
- 13 – хрусталик; 14 – радужка; 15 – задняя камера; 16 – ресничная мышца;
- 17 – стекловидное тело

Орган слуха и равновесия. Преддверно-улитковый орган (*organum vestibulocochleare*) у человека имеет сложное строение, воспринимает колебания звуковых волн и определяет ориентировку положения тела в пространстве.

Преддверно-улитковый орган (рис. 3.2) делится на три части: наружное, среднее и внутреннее ухо. Эти части тесно связаны анатомически и функционально. Наружное и среднее ухо проводит звуковые колебания к внутреннему уху и таким образом является звукопроводящим аппаратом. Внутреннее ухо, в котором различают костный и перепончатый лабиринты, образует орган слуха и равновесия.

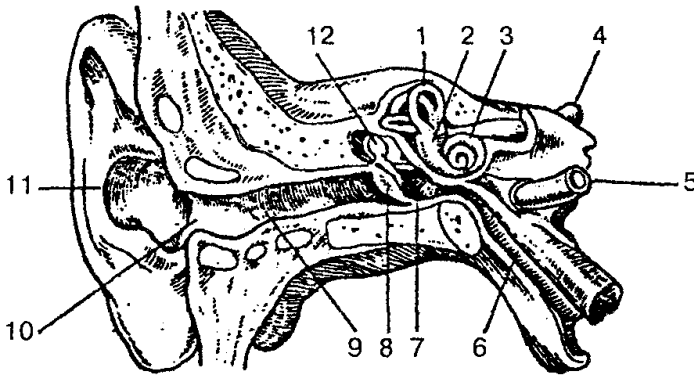


Рис. 3.2. Преддверно-улитковый орган (орган слуха и равновесия):
 1 – верхний полукружный канал; 2 – преддверие; 3 – улитка; 4 – слуховой нерв;
 5 – сонная артерия; 6 – слуховая труба; 7 – барабанная полость;
 8 – барабанная перепонка; 9 – наружный слуховой проход;
 10 – наружное слуховое отверстие; 11 – ушная раковина; 12 – молоточек

На поверхности языка, задней стенки глотки и мягкого нёба находятся рецепторы, воспринимающие сладкое, соленое, горькое и кислое. Эти рецепторы получили название *вкусовых почек*. Последние находятся главным образом в желобоватых, листовидных и грибовидных сосочках языка, а также в слизистой оболочке нёба, зева и надгортанника.

Каждая вкусовая почка состоит из вкусовых и поддерживающих клеток. На верхушке вкусовой почки находится *вкусовое отверстие (пора)*, которое открывается на поверхности слизистой

оболочки. Вкусовые луковички состоят из опорных и рецепторных вкусовых клеток; последние имеют микроворсинки длиной 2 мкм и диаметром около 0,2 мкм.

Микроворсинки выходят на поверхность языка через вкусовые поры. Благодаря микроворсинкам происходит восприятие вкусового раздражителя. Вкусовые рецепторы на поверхности языка расположены неравномерно. Так, чувство горького вкуса связано с раздражением основания языка, чувство соленого и сладкого – при раздражении кончика, края и основания языка. Кислый вкус чаще всего обусловлен раздражением рецепторов, которые расположены в основной и средней частях боковой поверхности языка. Вкусовые зоны могут перекрывать одна другую, например, в зоне, где происходит вкус сладкого, могут находиться рецепторы горького вкуса.

Орган обоняния. Обоняние играет существенную роль в жизни человека и предназначено для распознавания запахов, определения газообразных пахучих веществ, которые содержатся в воздухе. Вместе со вкусом обоняние участвует в рефлекторном возбуждении пищеварительных желез. Обоняние предупреждает человека в процессе труда о наличии в воздухе ядовитых или вредных веществ.

У человека орган обоняния расположен в верхнем отделе носовой полости и имеет площадь около 2,5 см². Область обоняния включает слизистую оболочку, которая покрывает верхнюю часть перегородки носа. Рецепторный слой слизистой оболочки представлен обонятельными нейросенсорными клетками (эпителиоцитами), которые воспринимают присутствие пахучих веществ. Под клетками обоняния лежат поддерживающие клетки. В слизистой оболочке находятся обонятельные (боуменовы) железы, секрет которых увлажняет поверхность рецепторного слоя. Периферические отростки клеток обоняния несут на себе обонятельные волоски (реснички), а центральные отростки формируют около 15–30 обонятельных нервов. Последние через отверстия решетчатой пластинки проникают в полость черепа, а затем в обонятельную луковицу, где аксоны обонятельных нейросенсорных клеток в обонятельных клубочках вступают в контакт с митральными клетками. Отростки последних в толще обонятельного тракта направляются в обонятельный треугольник, а затем в составе обонятельных полосок идут в переднее продырявленное вещество, в подмозолистое поле и диагональную полоску Брока. В составе

латерального пучка направляются в парагиппокаммальную извилину и в крючок, в котором находится корковый центр обоняния. Обонятельная чувствительность является дистантным видом рецепции. С этим видом рецепции связано различие более 400 разных запахов. Чувствительность к запаху зависит от вида пахучего вещества, его концентрации, местонахождения (в воде, воздухе и др.), температуры, увлажнения, движения воздуха, продолжительности воздействия и других факторов.

Кожа (cutis) образует общий покров тела человека, площадь которого составляет 1,5–2,0 м² в зависимости от размеров тела, и является большим полем для разных видов кожной чувствительности: тактильной, болевой и температурной. Кожа непосредственно граничит с внешней средой и выполняет ряд главных функций: защитную, терморегуляторную, обменную, выделительную, энергетическую. В коже выделяют два слоя: поверхностный – эпидермис и глубокий – дерма, или собственно кожа (рис. 3.3).

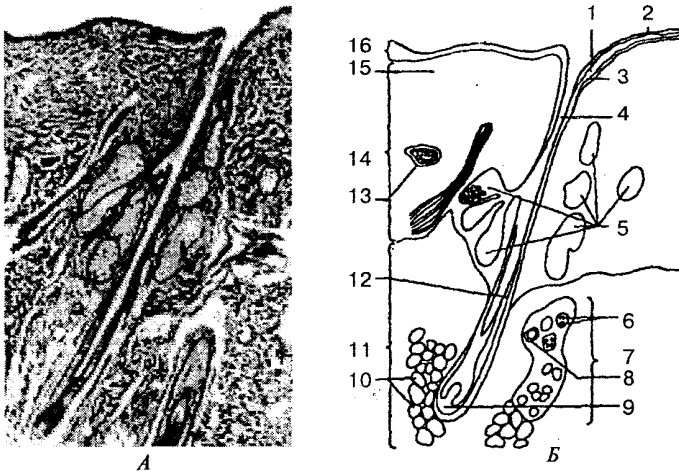


Рис. 3.3. Строение кожи человека:

A – поперечный срез; *Б* – схема структур, видимых на срезе:

- 1 – зернистый слой; 2 – роговой слой; 3 – мальпигиев слой;
- 4 – волосяной фолликул; 5 – сальные железы; 6 – секреторные клетки;
- 7 – потовая железа; 8 – проток железы; 9 – волосяной сосочек;
- 10 – подкожные жировые клетки; 11 – подкожная клетчатка;
- 12 – часть стержня волоса; 13 – кровеносный сосуд; 14 – дерма;
- 15 – эластические и коллагеновые волокна; 16 – эпидермис

Цвет кожи зависит от наличия пигмента, который находится в клетках базального слоя эпидермиса, а также встречается в дерме. В некоторых областях тела *волосы* покрывают всю кожу (кроме подошвы, ладоней, переходной части уст, головки полового члена, внутренней поверхности крайней плоти и малых половых губ). Различают длинные, щетинистые и пушковые волосы. Волосы являются производными эпидермиса и состоят из стержня, который выступает над поверхностью кожи, и корня, скрытого в ее толще. Корень волоса лежит в соединительнотканной сумке, в которую открывается сальная железа. В эту волосную сумку вплетаются мышцы, поднимающие волосы, которые идут от сетчатого слоя дермы. Цвет волос зависит от наличия пигмента, изменение которого приводит к изменению их цвета. Питание волоса осуществляется за счет сосудов, которые находятся в волосном сосочке.

Ногти являются роговой пластинкой, которая лежит в соединительнотканном ногтевом ложе, откуда осуществляется рост ногтя. В ногте различают корень, который находится в ногтевой щели, тело и свободный край, который выступает за границы ногтевого ложа. Кожные складки, ограничивающие ноготь сбоку корня и сзади, называются валиками.

Сальные железы находятся на всех участках тела человека, имеют альвеолярное строение, располагаются на небольшой глубине на границе сосочкового и сетчатого слоев дермы. Они связаны выводными протоками с волосными мешочками. Секрет желез – кожное сало – служит смазкой для волос и для эпидермиса, смягчает кожу, оберегает ее от воздействия воды и микроорганизмов.

Потовые железы – простые трубчатые железы, встречаются почти на всех участках кожного покрова, за исключением красной каймы губ, головки полового члена и внутреннего листка крайней плоти. Общее количество их достигает 2,5 млн. Особенно богата потовыми железами кожа ладоней, подошвы ног, мышечные и подмышечные складки. Секрет потовых желез – пот – содержит около 98 % воды и 2 % органических и неорганических веществ. С потом выделяются продукты белкового обмена (мочевина, мочевая кислота и др.), некоторые соли (натрия хлорид и др.).

По характеру секреции потовые железы делятся на апокринные и мерокринные. Секрет апокринных потовых желез содержит большое количество белковых веществ, которые разрушаются на поверхности кожи и создают специфический запах.

Кожный анализатор играет существенную роль в сенсорном развитии человека. Периферический отдел кожного анализатора представлен тактильными, температурными, белковыми, вибрационными и другими рецепторами. От различных рецепторов информация по нервам поступает в корковый отдел кожного анализатора, где она анализируется и вызывает соответствующее чувство.

В корковом отделе кожного анализатора есть представители рецепторных полей рук, лица, губ, языка, туловища. Корковый анализатор кожи расположен в верхней части постцентральной извилины коры головного мозга.

Молочная железа – парный орган, по своему происхождению является видоизмененной потовой железой, выполняет функцию по выработке молока для вскармливания детей и определяет вторичный половой признак. У мужчин железа остается неразвитой.

Молочная железа находится на уровне от III до VI ребра, на фасции, покрывающей большую грудную мышцу, с грудной фасцией железа соединяется рыхло, что обеспечивает ее подвижность. Приблизительно на середине молочной железы находится сосок с точечными отверстиями на его вершине, которыми открываются млечные протоки. Тело молочной железы состоит из 15–25 долей, отделенных одна от другой прослойками жировой и пучками волокнистой соединительной ткани. Молочная железа относится к сложным альвеолярно-трубчатым железам. По отношению к соску доли располагаются радиально, млечные протоки которых образуют расширения – млечные синусы. Участок кожи вокруг соска (околососковый кружок) железы имеет пигментацию: у родивших женщин он коричневый, а у нерожавших – розовый. Кожа кружка молочной железы неровная, состоит из ямок и бугорков, на которых открываются протоки желез околососкового кружка и сальных желез. При беременности молочная железа увеличивается в размерах, а после лактации уменьшается. В климактерическом периоде железа часто подвергается инволюции.

Эпидермис представлен многослойным плоским ороговевающим эпителием, в котором выделяют пять основных слоев: базальный, шиповатый, зернистый, блестящий и роговой. Толщина эпидермиса неодинакова. На бедре, плече, предплечье, груди и шее он тонкий (0,02–0,05 мм), а на местах значительной физической нагрузки (подошва, ладони) он имеет толщину 0,5–2,4 мм.

Дерма (собственно кожа) состоит из соединительной ткани с некоторым количеством эластических волокон и гладких мышечных клеток (рис. 3.4). Толщина дермы неодинакова, на предплечье она составляет 1,0–1,5 мм, а в некоторых местах достигает 2,5 мм. Собственно кожа делится на два слоя: сосочковый и сетчатый. *Сосочковый слой* расположен непосредственно под эпидермисом, состоит из рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани и образует сосочки, которые содержат петли кровеносных и лимфатических капилляров, нервные волокна. Соответственно расположению сосочков на поверхности эпидермиса видны гребешки кожи, а между ними находятся продолговатые углубления – бороздки кожи. Гребешки и бороздки более выражены на подошве и ладони, где они образуют сложный индивидуальный рисунок. В сосочковом слое находятся пучки гладких мышечных клеток, связанных с луковицами волосков, а в некоторых местах такие пучки лежат самостоятельно (кожа лица, сосок молочной железы, мошонка).

Сетчатый слой состоит из плотной неоформленной соединительной ткани, которая содержит пучки коллагеновых, эластических и ретикулярных волокон. Этот слой без резкой границы переходит в подкожную основу (клетчатку), содержащую жировую ткань. Степень выраженности жировой ткани зависит от индивидуальных, половых, региональных особенностей. Жировой слой выполняет амортизационную функцию, является источником энергии, сберегает тепло организма.

3.2. Утомление работника, физические и нервно-психические нагрузки. Меры по снижению утомления

Утомление – состояние, при котором наблюдается уменьшение работоспособности, ухудшение самочувствия, вызванное трудовой деятельностью человека, часто имеет временный характер. Термин также охватывает недостаток энергии, а также умственное и физическое истощение. И хотя усталость ощущается как обычное заболевание, ее не следует рассматривать как неизбежный факт.

Утомление значительно увеличивает количество ежедневных ошибок и инцидентов, связанных с безопасностью, которые происходят на рабочих местах из-за нарушения умственных и физических способностей и снижения координации.

Утомление на рабочем месте может привести к замедлению реакции, снижению бдительности, снижению способности принимать решения, отвлечению внимания во время выполнения сложных задач и потере осведомленности в критических ситуациях.

Несмотря на то, что утомление чаще можно встретить при сменной работе, ей подвергаются работники с обычным графиком, что может нанести вред их здоровью, повлиять на производительность труда и увеличить частоту ошибок и инцидентов, связанных с безопасностью.

Последствия утомления. Утомление приводит к снижению производительности работника из-за сниженной способности принимать безопасные решения, уменьшения концентрации внимания, ухудшения памяти и уменьшения времени реакции и точности.

Более того, утомление влияет на настроение и поведение людей. Работники могут стать импульсивными, что часто приводит к недоразумениям и конфликтам. И рабочее место, заполненное чрезмерно занятыми работниками, формирует нездоровый психологический климат, что может негативно повлиять на производительность и безопасность труда.

Кроме того, утомление и связанные с ним физические недуги и состояния могут привести к кратковременному и долгосрочному отсутствию на работе и увеличению медицинских расходов. Нередки случаи развития профессиональных заболеваний. И наконец, что не менее важно, утомление приводит к значительной потере производительности труда. Отвлекающие факторы, ошибки, неспособность сконцентрироваться и отсутствие мотивации могут оказать негативное влияние на практический результат, что, в свою очередь, может оказать еще большее влияние на моральный дух работников.

Нервно-психические нагрузки, называемые еще напряженностью труда, являются факторами трудового процесса и входят составной частью вместе с физическими перегрузками (тяжесть труда) в понятие психофизиологических вредных производственных факторов.

Они характеризуются как фактор трудового или нетрудового процесса, который отражает нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу человека. В связи с этим напряженность функций организма возникает под

влиянием интеллектуальной, сенсорной (на органы чувств), эмоциональной нагрузок, монотонности нагрузок, нерационального режима работы.

Распространенность работ, различных ситуаций, при которых возникают нервно-психические нагрузки, очень велика. Примерами могут быть трудовая деятельность нескольких миллионов водителей транспортных средств, преподавателей, врачей, операторов за пультами управления, людей, работающих на высоте, в условиях повышенной опасности травм и отравлений, участвующих в ликвидации пожаров, аварий, подвергающихся воздействию интенсивного шума, нерациональной освещенности, охлаждающего микроклимата.

Напряженность труда как вредный производственный фактор нередко воздействует на работника совместно с другими факторами (шумом, вибрацией, микроклиматом, физическими перегрузками и пр.). Одновременное влияние усиливает те неблагоприятные отклонения физиологического и патологического характера, которые возникают при воздействии одних нервно-психических нагрузок. Напряженность трудового процесса как вредный производственный фактор подлежит гигиеническому нормированию.

В результате воздействия нервно-психических нагрузок у человека могут возникнуть неблагоприятные физиологические реакции и некоторые заболевания. Основной удар на себя принимают такие важные системы организма как центральная нервная и сердечно-сосудистая. Субъективно это отражается в преждевременном наступлении утомления (ослабление памяти и внимания, слуха и зрения, появление слабости). При медицинском осмотре можно отметить повышение частоты пульса, кровяного давления, сухожильных рефлексов. В дальнейшем не исключаются такие процессы как постепенная потеря массы тела, бессонница, беспокойство, эмоциональная неустойчивость, изменение потенции. Исследования иммунозащитных функций людей, имевших экстремальные нервно-психические перегрузки, приводят к тому, что временно на 3–4 недели после ситуации в их организме наблюдается резкое снижение указанной функции. Человек становится уязвимым для инфекционного начала, которое может быть как в окружающей среде, так и внутри организма. Такое иммунодефицитное состояние может стать основой для возникновения и последующего развития различных заболеваний.

Чрезмерная (экстремальная) перегрузка у отдельных лиц приводит к возникновению особого состояния, называемого стрессом. Не исключаются смертельные случаи от чрезмерно высоких нервно-психических перегрузок, в основе которых лежит острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Нервно-психические перегрузки являются своего рода толчком, способствующим возникновению заболеваний неспецифического (а у работников – производственно обусловленного) и специфического (профессионального) характера. К заболеваниям неспецифического характера следует отнести болезни сердечно-сосудистой системы: гипертоническую болезнь, ишемическую болезнь сердца, атеросклероз. Эндокринные заболевания, сахарный диабет могут быть обусловлены нервно-психическими перегрузками, а из желудочно-кишечных заболеваний в данном случае следует назвать язвенную болезнь, из заболеваний центральной нервной системы – астению, так называемые невротические реактивные состояния.

Невроз (невротическое состояние) – это не психическое расстройство. При его начале возможна депрессия (угнетение) в виде снижения настроения, появления чувства безысходности, нарушения сна, ухудшения аппетита, раздражительности, переживания неудач. Во время медицинского осмотра наблюдаются истерические реакции с возбуждением, отказом от еды, навязчивыми состояниями. Больной при этом полностью осознает свое состояние.

Мероприятия по снижению нервно-психических нагрузок включают создание оптимального психологического межличностного климата в любой среде обитания человека (на работе, дома, на отдыхе, на рабочем месте), создание благоприятных условий труда в виде снижения параметров вредных производственных факторов.

Для ликвидации условий, ведущих к преждевременному утомлению, предусматриваются мероприятия по рационализации режимов труда и отдыха, производственная гимнастика, музыкальное вещание, комнаты психологической разгрузки. Медико-профилактические меры предусматривают предварительные и периодические (предрейсовые) медицинские осмотры, своевременное лечение заболеваний.

3.3. Профессиональный отбор, медико-психологические критерии

Прием на работу начинается с детального определения того, кто нужен организации. Традиционно в основе этого процесса лежит подготовка должностной инструкции, т. е. документа, описывающего основные функции сотрудника, занимающего данное рабочее место. Поэтому при использовании должностной инструкции для оценки кандидатов на замещение вакантной должности специалист должен определить, насколько данный кандидат способен выполнять эти функции. Сделать это довольно сложно, в особенности для человека, не знакомого со спецификой работы на этой должности.

Для облегчения этой работы используются квалификационные карты, представляющие собой набор квалификационных характеристик, которыми должен обладать сотрудник, занимающий эту должность (образование, специальные навыки, личностные особенности), и карты компетентностей, представляющие собой требования к личностным характеристикам человека, его способностям к выполнению тех или иных функций, типов поведения и социальных ролей.

Для того чтобы программы профессионального отбора были действенными, следует ясно сформулировать, какие качества работника обеспечивают эффективность профессиональной деятельности. Систему критериев профессионального отбора следует разрабатывать так, чтобы они всесторонне характеризовали факторы эффективности профессиональной деятельности. Идеальные уровни требований по каждому критерию разрабатываются исходя из характеристик людей, уже занятых выполнением конкретного вида деятельности и эффективно выполняющих профессиональные обязанности.

Характеристики профессиональной пригодности:

- физические данные и состояние здоровья;
- профессиональная квалификация;
- административно-правовые предпосылки для принятия на работу;
- трудовая мотивация и желание работать;
- психические особенности и способности;
- личные и профессиональные качества;
- индивидуальная адаптация и поведение во время работы;
- образ жизни вне работы;

– психологическая готовность к образованию и самообразованию, социальная и профессиональная мобильность.

Этап работы с самими претендентами включает следующие действия:

– сбор базы данных о претендентах, подготовка списка кандидатов на вакантные должности;

– сбор предварительной информации от кандидатов – предварительное собеседование, заполнение анкет;

– проверка информации, полученной от кандидатов;

– тестирование кандидатов, или другие методы проверки их компетентностей (анализ и проигрывание ситуаций, деловые игры и т. п.);

– медицинское обследование;

– окончательное решение о зачислении на работу или выдвижении на должность.

Цель профессионального отбора – выбрать из числа претендентов такого работника, который в наибольшей степени соответствует требованиям организации. Основные методы, используемые при профессиональном отборе: анализ биографических данных (листок по учету кадров), проведение оценочных собеседований (структурированных и неструктурированных), изучение характеристик, рекомендательных писем и телефонных отзывов, оценки прежних сослуживцев и руководителей, тестирование и изучение практических навыков.

Разработка научно обоснованной системы профессионального отбора включает в себя:

– анализ конкретной трудовой деятельности и определение желательных результатов деятельности;

– определение набора способностей, личностных и деловых качеств, знаний, умений и навыков, которые необходимы кандидату;

– подбор инструментария для «измерения».

Для прогноза эффективности деятельности кандидата и его способности занять вакантную должность надо знать взаимосвязь показателей индивида по определенным показателям с успешностью его деятельности. Различные показатели могут компенсировать друг друга.

Для изучения биографических данных используют листки по учету кадров. Несмотря на их достаточно жесткую формализацию,

с их помощью возможно достаточно успешно прогнозировать длительность работы в организации, рост зарплаток, компетентность и креативность претендента.

Часто для оценки личностных особенностей претендента используются рекомендательные письма. Наиболее валидны письма от прежнего непосредственного руководителя, коллег по работе. Для повышения валидности писем лучше разработать стандартизированный бланк для рекомендаций, в которых сформулированы конкретные вопросы относительно реальных фактов о претенденте, а не мнений о нем.

Психологический отбор как один из компонентов профессионального отбора (включающего также отбор медицинский, отбор по уровню образования, по фактическому уровню знаний и т. д.) предполагает выбор лиц на основе оценки их способностей. Оценка способностей данного человека на основе непосредственного изучения количественных и качественных показателей в конкретном виде деятельности, несмотря на часто встречающееся несовершенство практических приемов такого изучения, является относительно простой задачей.

Одной из форм психологического отбора является психологическое тестирование. В зависимости от задач выделяют основные категории тестов: интеллектуальные, способностей, психомоторные, личностные, проективные и др.

Интеллектуальные тесты служат определению уровня интеллектуального развития претендента, в зависимости от задач используют тесты: Равена, Беннета, Кетелла, Анфимова, Векслера, Амтхауэра, Айзенка и др.

Тесты способностей применяются для определения степени развитости профессионально важных качеств личности и способностей, необходимых именно для данной профессии.

Для оценки координации, скорости движений, развитости мелкой моторики и т. д. используют психомоторные тесты.

Для оценки личностных особенностей, профессионально важных качеств личности используются личностные опросники, а также различные проективные методики.

При применении тестов необходимо выполнять требования стандартизации, надежности и валидности тестов. Надежность – способность давать непротиворечивые данные при повторных

испытаниях. Валидность – это способность теста измерять именно тот показатель, на оценку которого он направлен; может быть критериальная (прогностическая и одновременная) и содержательная.

Медико-психологические критерии профессионального отбора. Решение вопросов психической надежности складывается из двух направлений:

- организации медицинского отбора;
- постоянного контроля за здоровьем, в том числе за психическим и психологическим состоянием.

Повседневная практика и медико-психологические наблюдения свидетельствуют о предрасположенности определенных групп людей к рискованным поступкам и повышенной травматизации. К ним относятся индивидуумы с низкими трудовыми навыками, слабой профессиональной подготовкой, а также лица с психическими расстройствами (болезнями) или признаками нервно-психической неустойчивости.

К группе с психическими заболеваниями могут относиться также лица со всеми формами патологии характера, определяемые понятием «психопатия», а также больные с отдаленными последствиями закрытых травм головного мозга, тяжелых инфекций, интоксикации, сопровождающихся стойкими нарушениями в эмоциональной среде.

Под нервно-психической неустойчивостью понимается не болезнь, а группа признаков, указывающих на слабость психических процессов и предрасположенность человека к срывам в условиях высокой физической и психической нагрузки. Она может проявляться в следующих формах: астенической, эксплозивной, истерической, торпидной, психического инфантилизма.

Астеническая форма (ослабленность) наблюдается у лиц, перенесших инфекционные заболевания, страдающих легкими соматическими расстройствами, а также у людей, слабых конституционно генетически. Эти люди испытывают затруднения в учебе, быстро устают и волнуются в процессе работы, в характере отмечается раздражительность, неспособность долго работать с напряжением. Могут наблюдаться и физические изменения (учащенное сердцебиение, понижение артериального давления и другие явления).

Эксплозивная форма (взрывчатость) может обуславливаться характерологическими особенностями (акцентуации характера)

или развиваться на фоне легких дефектов, травматического, инфекционного и интоксикационного происхождения. Наиболее ярким проявлением эксплозивности является повышенная раздражительность, вспыльчивость, несдержанность в поступках и бурные эмоциональные реакции. При обследовании выявляются: недовольство методами воспитания в семье, трудности адаптации к коллективу, плохая переносимость замечаний, повышенная обидчивость, аффективные реакции.

Истерическая форма (демонстративность и артистичность) характеризуется повышенной эмоциональностью, утратой чувства меры во внешнем виде, конфликтными чертами поведения, признаками эгоцентризма, позерства, сочетаемыми обычно с инфантильностью суждений. Такие люди стремятся к профессиям, позволяющим им быть в центре внимания. Точные и аккуратные виды деятельности, а также монотонный режим их тяготят. Они достигают высокого положения как творческие личности.

Торпидная форма (медлительность действий) проявляется в замедленном мышлении, речи, поступках. Внимание окружающих привлекает замкнутость таких людей, молчаливость, иногда апатичность. Они нерасторопны при выполнении поручений, не укладываются в ритм трудового процесса и жизни коллектива. На выполнение задачи затрачивают необычайно много времени. В сложной ситуации их действия замедленны.

Психический инфантилизм (низкий уровень интеллекта) – наиболее распространенная форма умеренной патологии генетического характера. Инфантилизм – это следствие легкой задержки психического развития в результате врожденной биологической патологии или перенесенных болезней раннего возраста (детства). Он проявляется поверхностными и незрелыми суждениями, легкомысленным отношением к служебным обязанностям, повышенной внушаемостью, склонностью к поступкам по первому побуждению, капризностью. Интеллектуальная незрелость обычно сочетается с признаками эмоциональной неустойчивости. Такие лица не могут достичь высокого уровня образования и творчески использовать профессиональные знания в процессе труда, в кризисных и аварийных (опасных) ситуациях.

Таковы основные формы нервно-психической неустойчивости. В практической деятельности при обследовании врачами у некоторых

людей обнаруживаются и психастенические черты характера, проявляющиеся нерешительностью, боязливостью и склонностью к сомнениям. Встречаются обследуемые с повышенным вниманием к состоянию своего здоровья, склонные к фиксации болезненных ощущений и преувеличению значения тех или иных симптомов.

Перечисленные характерологические особенности по своей выраженности составляют комплекс патологических проявлений, определяемых клиническим понятием «психопатия». Люди с такими особенностями в условиях повышенной нагрузки будут испытывать трудности в работе. Эти же лица, в случае попадания в чрезвычайные ситуации, могут совершать трагические поступки. Поэтому есть основания для исключения таких людей из высокоответственных видов деятельности.

3.4. Работоспособность работников.

Факторы ее определяющие

Работоспособность – это потенциальные возможности человека выполнять определенный объем работ в течение заданного времени с заданной интенсивностью. Таким образом, под работоспособностью человека следует понимать не просто способность его выполнять ту или иную работу, а такой ее уровень, такой режим преодоления нагрузки, при котором организм работает с наибольшей эффективностью, экономией энергозатрат и отсутствием необратимых неблагоприятных последствий.

Реализация работоспособности определяется внешними условиями деятельности, а также внутренней активационной возможностью человека.

Основные факторы, влияющие на работоспособность работников управления, обусловлены спецификой деятельности данной категории работников: интеллектуальный труд работников управления сопровождается незначительной мышечной активностью, энергетической экономией, которая обусловлена гиподинамией и является неблагоприятным признаком для здоровья работника.

Таким образом, можно выделить основные факторы, влияющие на работоспособность управленческого персонала: повышенное зрительное напряжение, психологические перегрузки, длительное неизменное положение тела в процессе работы, воздействие некоторых

физических факторов (электромагнитные излучения, статическое электричество, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение). К вредным производственным факторам следует отнести и уровень шума на рабочих местах, микроклимат помещений, ионизацию воздушной среды производственных и общественных помещений, освещенность помещений.

Меры по обеспечению оптимальных условий труда работников. Повышенное зрительное напряжение, психологические перегрузки, длительное неизменное положение тела в процессе работы, воздействие некоторых физических факторов (электромагнитные излучения, статическое электричество, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение) могут привести не только к снижению работоспособности, но и явиться причиной заболеваний органов зрения, сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, кожных заболеваний, а также опухолей мозга и др.

Неотъемлемым условием сохранения высокой работоспособности является соблюдение режимов труда и отдыха. При постоянной работе за компьютером желательно каждый час делать перерыв на 10–15 мин, при этом продолжительность непрерывной работы не должна превышать 2 часов.

Для обеспечения оптимальных условий труда работников управления существуют определенные условия, разработанные в соответствии с санитарными нормами и правилами, действующими в Республике Беларусь.

Микроклимат характеризуется физическими параметрами воздуха в рабочей зоне: его температурой, относительной влажностью, скоростью движения, а также интенсивностью теплового облучения работающих от нагретых поверхностей оборудования.

Указанные параметры как отдельно, так и в комплексе оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека, во многом определяют его самочувствие и поэтому являются важной характеристикой комфортности условий труда.

Первостепенное значение в терморегуляции организма, т. е. поддержании температуры тела в пределах 36 °С–37 °С, имеют температура воздуха, его относительная влажность и скорость движения. Температурная чувствительность свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, обеспечиваемой

терморегуляцией. Абсолютный порог температурной области чувствительности определяется по минимальному ощущаемому изменению температуры участка кожи относительно физиологического нуля, то есть собственной температуры данной области кожи. Для тепловых рецепторов он равен примерно 0,2 °С, а для холодových – 0,4 °С. Терморегуляция организма как физиологический процесс обеспечивается физической и химической терморегуляцией. Физическая терморегуляция осуществляется отдачей тепла организмом в окружающую среду путем его излучения в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (при этом теряется до 45 % всей тепловой энергии); путем конвекции, т. е. нагревом воздуха вокруг поверхности тела (до 30 %), а также в результате испарения пота. При этом теряется примерно 13 % тепла через органы дыхания и около 5 % – на нагревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха. При физической терморегуляции изменяется деятельность сердечно-сосудистой системы (расширение кровеносных сосудов и увеличение кровотока к коже) и работы мышечных тканей.

Пониженная температура воздуха оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Систематическое переохлаждение организма может явиться причиной заболевания периферической нервной системы. Сочетание низкой температуры, высокой влажности и большой подвижности воздуха приводит к переохлаждению организма с возможностью смертельного исхода.

Влажность воздуха также влияет на теплообмен в организме человека. Сырой холодный воздух увеличивает теплоотдачу и способствует простудным заболеваниям.

Сырой теплый воздух препятствует теплоотдаче и испарению. Сухость воздуха вызывает чрезмерное высыхание кожи и слизистых оболочек.

Подвижность воздуха увеличивает теплоотдачу и интенсивность испарения потовыделений, что создает благоприятные условия для работающих в теплый период.

Чрезмерная подвижность воздуха при низких температурах создает ветер и вызывает усиленную теплоотдачу, что способствует простудным заболеваниям.

Зрительный анализатор человека является главным источником информации, получаемой им о внешнем мире. В зависимости

от источников света освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным.

Учитывая высокую биологическую и гигиеническую ценность и положительное психологическое воздействие естественного света, на практике стремятся к максимально возможному его использованию при проектировании производственного освещения. По этой причине помещение с постоянным пребыванием людей должно иметь естественные источники света в сочетании с искусственными.

Важнейшим фактором улучшения зрительных условий труда и профилактики утомления является правильное цветовое оформление производственных помещений и их интерьера. Это позволяет использовать цвет как фактор, создающий оптимальные условия зрительной работы и способствующий повышению работоспособности, как средство информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда.

Воздушная среда, в которой осуществляется производственная деятельность человека, является немаловажным фактором, оказывающим существенное влияние на здоровье работающих, их психофизиологическое состояние и работоспособность.

Среди проблем оздоровления окружающей среды борьба с шумами является одной из самых актуальных. В крупных городах шум является одним из основных физических факторов, формирующих условия среды обитания.

Воздействие шума на человека проявляется от субъективного раздражения до объективных патологических изменений функции органов слуха, центральной нервной системы. Под воздействием шума снижается внимание, работоспособность, нарушается сон и отдых людей.

Для снижения шумового воздействия на работников управления, работающих на предприятиях, целесообразно использовать как меры по устранению и ослаблению шума в источнике, так и на пути его распространения. Установка акустических экранов, звукоизолирующих перегородок между помещениями, шумоизолирующих стеклопакетов являются оптимальными мерами для защиты от шума.

Соблюдение всех требований позволит наиболее эффективно организовать трудовой процесс, уменьшить утомляемость, повысить работоспособность и производительность труда, предотвратить опасность возникновения профессиональных заболеваний.

4. ФИЗИОЛОГИЯ ЖЕЛЕЗ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ. СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

4.1. Структурно-функциональная организация эндокринной системы

Управление процессами, происходящими в организме, обеспечивается не только нервной системой, но и железами внутренней секреции (эндокринной системой). К ним относятся специализированные, топографически разъединенные (разного происхождения) железы, которые не имеют выводных протоков и выделяют в кровь и лимфу выработанный ими секрет. Продукты деятельности эндокринных желез – гормоны.

Гормоны являются сильнодействующими агентами, поэтому для получения специфического эффекта достаточно небольшого их количества. Одни гормоны ускоряют рост и формирование органов и систем, другие регулируют обмен веществ, определяют поведенческие реакции и т. д. Анатомически обособленные железы внутренней секреции оказывают влияние друг на друга. В связи с тем, что это влияние обеспечивается гормонами, доставленными кровью к органам-мишеням, принято говорить о *гуморальной регуляции* этих органов по принципу обратной связи. В результате такой связи содержание гормонов в крови поддерживается на оптимальном для организма уровне. Однако известно, что все процессы, протекающие в организме, находятся под постоянным контролем центральной нервной системы. Такую двойную регуляцию деятельности органов называют *нервно-гуморальной*. Изменение функций желез внутренней секреции вызывает тяжелые нарушения и заболевания организма, в том числе и психические расстройства.

В организме человека железы внутренней секреции располагаются следующим образом (рис. 4.1): в области головного мозга – гипофиз и эпифиз; в области шеи и грудной клетки – щитовидная, паращитовидная и вилочковая железы; в брюшной полости – поджелудочная железа и надпочечники; в области таза – яичники и семенники.

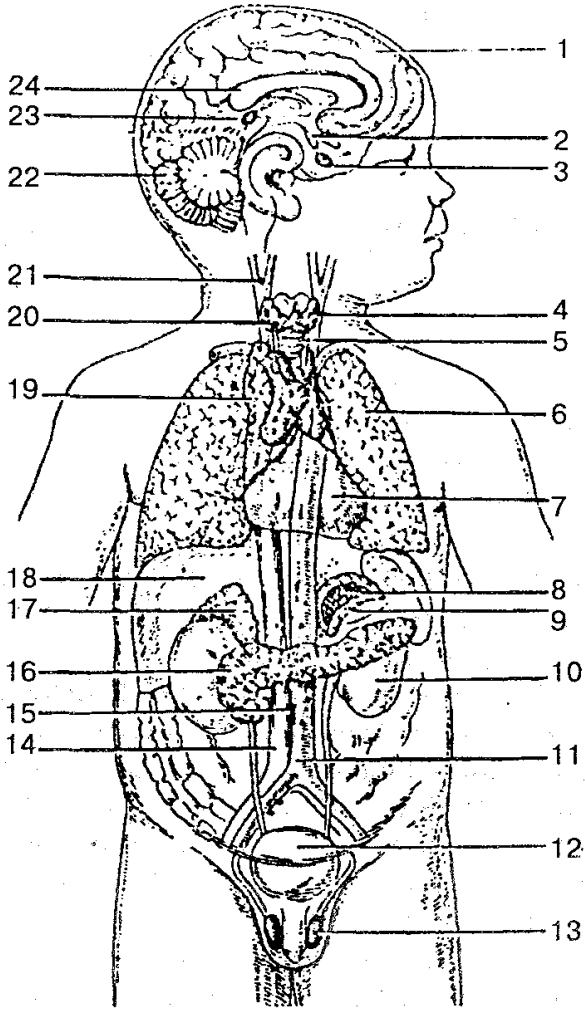


Рис. 4.1. Расположение желез внутренней секреции человека (схема):

- 1 – полушарие большого мозга; 2 – ядра гипоталамуса; 3 – гипофиз;
 4 – щитовидная железа; 5 – трахея; 6 – легкое; 7 – перикард;
 8 – мозговое вещество надпочечника; 9 – корковое вещество (кора) надпочечника;
 10 – почка; 11 – аорта; 12 – мочевой пузырь; 13 – яичко; 14 – нижняя полая вена;
 15 – аортальный параганглий; 16 – поджелудочная железа; 17 – надпочечник;
 18 – печень; 19 – вилочковая железа (тимус); 20 – паращитовидная железа;
 21 – сонный гломус; 22 – мозжечок; 23 – шишковидное тело (эпифиз);
 24 – мозолистое тело

Гипофиз (hypophysis) – это небольшая овальной формы железа, находится в гипофизарной ямке турецкого седла клиновидной кости, отделяется от полости черепа отростком твердой оболочки головного мозга и образует диафрагму седла. Масса гипофиза у мужчин составляет около 0,5 г, у женщин – 0,6 г, а у беременных может увеличиваться до 1 г. Поперечный размер гипофиза 10–17 мм, переднезадний – 5–15 мм, вертикальный – 5–10 мм. Снаружи гипофиз покрыт капсулой. Гипофиз состоит из передней, средней и задней доли.

Передняя доля (аденогипофиз) более крупная и плотная, составляет 70 %–80 % всей массы гипофиза. В передней доле выделяют дистальную, промежуточную и бугорную части. Паренхима *средней доли* представлена несколькими типами железистых клеток, между которыми находятся кровеносные сосуды. *Задняя доля (нейрогипофиз)* находится в задней части гипофизарной ямки. Она состоит из воронки и нервной доли; образована нейроглиальными клетками (питуициты), нервными волокнами, которые идут от гипоталамуса в нейрогипофиз, и нейросекреторными тельцами.

При помощи нервных волокон и кровеносных сосудов гипофиз функционально связан с гипоталамусом промежуточного мозга, который регулирует деятельность гипофиза.

В гипофизе вырабатывается семь гормонов, четыре из них влияют на периферические эндокринные железы и называются *тройными гормонами* (фолликулостимулирующий, лютеинизирующий, тиреотропный, адренокортикотропный), три гормона – эффекторные, гормон роста (соматотропный), пролактин (лютеотропный гормон, меланоцитостимулирующий гормон) – непосредственно влияют на органы и ткани-мишени.

В передней доле гипофиза вырабатывается соматотропный гормон (СТГ) роста. Секреция гормона роста регулируется гипоталамическими гормонами: рилизин-гормоном и ингибирующим гормоном соматостатином. Он принимает активное участие в регуляции процессов роста и развитии молодого организма. После полового созревания происходит окостенение эпифизарных хрящей и СТГ перестает влиять на рост костей в длину. Если у взрослых происходит чрезмерная выработка этого гормона, то у них наблюдается разрастание мягких тканей, деформация и утолщение костей. Это заболевание называется *акромегалией*. А при излишней

выработке гормона в молодом возрасте, когда кости способны расти в длину, развивается *гигантизм*, при недостаточности гормона роста – *карликовость (нанизм)*. Для этой болезни характерны отставание в росте (в возрасте 20 лет – менее 120 см у женщин и 130 см у мужчин), пропорциональное уменьшение всех частей тела и внутренних органов. Имеется половое недоразвитие.

Другим гормоном этой доли является *адренокортикотропный гормон (АКТГ)*. Он необходим для нормального развития и функции коры надпочечника, стимулирует выработку и секрецию глюкокортикоидов. Стимулируется образование АКТГ *кортикотропин-рилизинг-гормоном* гипоталамуса; гормоны коры надпочечника на основании механизма обратной связи также включаются в регуляцию секреции АКТГ.

Вырабатывается передней долей гипофиза и *тиреотропный гормон (ТГ)*. Он регулируется тиреотропин-рилизинг-гормоном гипоталамуса, стимулирует рост и развитие щитовидной железы, выработку и выделение гормонов тироксина (T_4) и триодтиронина (T_3).

Гонадотропные гормоны – фолликулостимулирующий (ФСГ) лютеинизирующий (ЛГ) и пролактин (ПРЛ) – влияют на половое созревание организма, регулируют и стимулируют развитие фолликулов в яичниках, овуляцию, рост молочных желез и выработку молока, процесс сперматогенеза у мужчин. Стимулируют выделение этих гормонов рилизинг-факторы гипоталамуса.

В промежуточной доле образуется *меланоцитстимулирующий гормон (МСГ)*. Основная его функция заключается в стимуляции биосинтеза кожного пигмента меланина, а также в увеличении размеров и количества пигментных клеток. Регуляция клеток промежуточной доли гипофиза осуществляется гипоталамическими и рилизинг-факторами, а также ингибирующими гормонами. Гормоны *вазопрессин* и *окситоцин* вырабатываются нейросекреторными клетками гипоталамуса и по аксонам гипоталамо-гипофизарного тракта переходят в заднюю долю гипофиза. А из задней доли гипофиза эти вещества поступают в кровь.

Гормон вазопрессин оказывает антидиуретическое и сосудосуживающее действие, за что и получил название *антидиуретического гормона (АДГ)*. Недостаточная секреция этого гормона приводит к возникновению несахарного диабета. Характерным для этого заболевания является выделение большого количества мочи (от 4

до 20 л/сут и более) при ее низкой относительной плотности. Потеря почками воды и повышение осмотического давления плазмы крови сопровождаются неутолимой жаждой, вследствие которой больные в большом количестве пьют воду.

Окситоцин оказывает стимулирующее действие на сократительную функцию мускулатуры матки, усиливает выделение молока молочной железой, влияет на изменение тонуса гладких мышц желудочно-кишечного тракта, вызывает торможение функции желтого тела.

Шишковидное тело (*corpus pineale*), или эпифиз, – это небольшое овальное железистое образование, которое относится к промежуточному мозгу и располагается в неглубокой борозде между верхними холмиками среднего мозга.

Масса железы у взрослого человека около 0,2 г, длина 8–15 мм, ширина 6–10 мм, толщина 4–6 мм.

Снаружи шишковидное тело покрыто мягкой соединительнотканной оболочкой мозга, которая содержит множество анастомозирующих кровеносных сосудов. Клеточными элементами паренхимы являются специализированные железистые клетки – *пинеоциты* и глиальные клетки – *глиоциты*.

Эндокринная роль шишковидного тела заключается в том, что его клетки выделяют вещества (серотонин, мелатонин) и другие гормоны, а также полипептиды. Мелатонин является антагонистом меланоцитостимулирующего гормона, обладает антигонадотропным действием и тормозит развитие гонад. Шишковидное тело участвует в регуляции обмена электролитов, влияет в раннем возрасте на комплекс эндокринных органов (гипофиз, щитовидную железу, кору надпочечника), участвующих в процессах роста и полового развития организма.

Щитовидная железа (*glandula thyroidea*). Это непарный орган, располагающийся в передней области шеи на уровне гортани и верхнего отдела трахеи. Состоит из правой и левой долей и перешейка. Масса щитовидной железы у взрослых составляет в среднем около 20 г, поперечный размер 50–60 мм, продольный каждой доли – 50–80 мм, вертикальный размер перешейка от 2 до 2,5 см, а толщина его равна 2–6 мм. Масса и объем железы у женщин больше, чем у мужчин. Железа имеет фиброзную капсулу, от которой в глубину ткани отходят соединительнотканнные перегородки – трабекулы, разделяющие железу на дольки, состоящие из фолликулов.

Внутри стенка фолликулов выстлана эпителиальными клетками кубической формы. Внутри полости фолликула находится густое вещество – коллоид, которое содержит тиреоидные гормоны. Железистый фолликулярный эпителий обладает избирательной способностью к накоплению йода. В щитовидной железе под влиянием тиреотропного гормона вырабатываются тироксин (T_4) и трийодтиронин (T_3). Кроме того, в щитовидной железе вырабатывается тиреокальцитонин, который снижает уровень кальция в парафолликулярной ткани. Трийодтиронин синтезируется в меньшем количестве, чем тироксин, но имеет большую активность.

Тиреоидные гормоны – это гормоны широкого спектра действия. Их основные эффекты связаны с влиянием на различные обменные процессы, рост и развитие организма, они участвуют в адаптивных реакциях. Особенно выражено влияние T_3 и T_4 на энергетический обмен. Гормоны действуют путем индукции и активации ферментов, что увеличивает синтез белка, распад жиров и углеводов. Таким образом, тиреоидные гормоны влияют на разные виды обмена веществ.

Тиреоидные гормоны играют значительную роль в регуляции жизненно важных функций организма; изменение их уровня в крови вызывает тяжелые заболевания. Известно, что воздействие в течение длительного времени стимулятора щитовидной железы, который обладает свойствами тиреотропного гормона, ведет к неограниченному образованию тиреоидных гормонов и развитию *токсического зоба*. При этом нарушаются углеводный, жировой, водный и минеральный обмены, изменяются процессы окислительного фосфорилирования. Заболевание сопровождается похудением, тахикардией, повышенной нервной возбудимостью, экзофтальмом.

Изменение продукции тиреоидных гормонов чаще связано с недостатком в пище йода, что ведет к разрастанию ткани щитовидной железы и появлению *эндокринного зоба*. Развитие этой формы зоба наблюдается во многих странах, в том числе и в Беларуси.

Вилочковая железа (thymus). Располагается в передней части верхнего средостения. Передняя поверхность вилочковой железы прилегает к задней поверхности грудины, а задняя поверхность – к верхней части перикарда, начальным отделам аорты и легочного ствола, левой плечеголовной и верхней полой вене.

Вилочковая железа состоит из двух асимметричных долей: правой и левой. Нижняя часть каждой доли расширена, а верхняя сужена. Левая доля железы в половине случаев длиннее правой. В средней части доли тесно соприкасаются или срастаются между собой. Снаружи железа покрыта тонкой соединительнотканной капсулой, от которой внутрь органа отходят перегородки, разделяющие паренхиму на дольки. Паренхима долек представлена периферической частью – темным корковым веществом и центральной светлой частью – мозговым веществом. Клетки вилочковой железы представлены лимфоцитами (тимocyты), макрофагами, гранулоцитами и плазматическими клетками.

В мозговом веществе находятся специфические тельца тимуса (тельца Гассаля), которые состоят из уплощенных эпителиальных клеток. Вилочковая железа является центральным органом иммуногенеза, в ней происходят превращения стволовых клеток в Т-лимфоциты, ответственные за реакции клеточного иммунитета. Тимус секретирует и выделяет в кровь специфические вещества под названием «тимический (гуморальный) фактор». Последние оказывают влияние на функции Т-лимфоцитов.

Паращитовидные железы (*glandulae parathyroideae superior et inferior*). Это округлые или овальные тельца, расположенные на задней поверхности долей щитовидной железы. Количество этих телец непостоянное и колеблется от 2 до 7–8, в среднем 4, по две железы на каждую долю щитовидной железы. Длина телец равна 4–8 мм, ширина 3–4 мм, толщина 2–3 мм. От щитовидной железы паращитовидные железы отличаются более светлой окраской (у детей они бледно-розовые, у взрослых – желтовато-коричневые). Часто железы располагаются в месте входа в ткань щитовидной железы нижней щитовидной артерии или ее ветвей. Паращитовидные железы имеют собственную фиброзную капсулу, от которой внутрь желез идут соединительнотканые прослойки. Последние имеют много кровеносных сосудов и делят ткань желез на группы эпителиальных клеток. Эндокринная функция паращитовидных желез заключается в выделении гормона *паратиреокина*, или *паратгормона*, который участвует в регуляции фосфорно-кальциевого обмена. Удаление паращитовидных желез или снижение их функции – *гипопаратиреоз* – ведет к снижению уровня кальция в крови и повышению содержания фосфора, при этом

повышается возбуждение нервно-мышечной системы, возникают приступы тонических судорог. Повышенная продукция паратгормона – *гиперпаратиреоз* – возникает при развитии опухолей паращитовидных желез, сопровождается нарушением структуры костей и их деминерализацией, увеличением содержания в крови кальция и усилением выделения фосфатов с мочой.

Надпочечник (*glandula suprarenalis*) – парный орган, располагается в забрюшинном пространстве непосредственно над верхним концом соответствующей почки. Масса его составляет 12–13 г, длина 40–60 мм, ширина 2–8 мм.

Надпочечник имеет форму сжатого спереди назад конуса, в котором различают переднюю, заднюю и нижнюю (почечную) поверхности. Располагаются надпочечники на уровне XI–XII грудных позвонков. *Правый надпочечник* лежит несколько ниже левого. Задней поверхностью правый надпочечник прилегает к поясничной части диафрагмы, передней – соприкасается с висцеральной поверхностью печени и двенадцатиперстной кишкой, а нижней вогнутой – с верхним концом правой почки. *Левый надпочечник* передней поверхностью прилегает к хвосту поджелудочной железы, кардиальной части желудка, задняя его поверхность соприкасается с диафрагмой, а нижняя – с верхним концом левой почки.

Поверхность надпочечника бугристая. На переднемедиальной поверхности видна глубокая борозда – *ворота* органа, через которые выходят центральная вена и лимфатические сосуды. Снаружи надпочечник покрыт фиброзной капсулой, которая плотно срастается с паренхимой и отдает в глубь железы многочисленные соединительнотканые капсулы. Под фиброзной капсулой находится корковое вещество (кора), состоящее из трех зон. Снаружи, ближе к капсуле, находится клубочковая зона, далее – средняя, наиболее широкая пучковая зона, а затем внутренняя сетчатая зона, прилегающая к мозговому веществу.

В коре надпочечника вырабатываются гормоны под общим названием *кортикостероиды*. Они делятся на две основные группы: 1) глюкокортикоиды (кортикостерон, кортизол, гидрокортизол и кортизон), которые образуются в пучковой зоне; 2) минералокортикоиды (альдостерон), выделяемые клетками клубочковой зоны коры. Кроме того, в коре надпочечника, главным образом в сетчатой зоне, секретируется небольшое количество мужских половых

веществ, близких по строению и функции к гормонам андрогенам, а также эстрогены и прогестерон.

В центральной части надпочечника располагается мозговое вещество, образованное крупными клетками, которые окрашиваются солями хрома в желто-бурый цвет. Различают два вида этих клеток: *этинейфроициты* – составляют основную массу и выделяют адреналин и *норэтинейфроициты* – вырабатывают норадреналин.

Глюкокортикоиды оказывают разное воздействие на обмен веществ. Они стимулируют синтез гликогена из глюкозы и белков и отложение гликогена в мышцах, одновременно повышая уровень глюкозы в крови; в значительной степени влияют на клеточный и гуморальный иммунитет, обладают сильным противовоспалительным действием. Особенно отчетливо наблюдаются изменения концентрации глюкокортикоидов при стрессе. Согласно теории стресса, Г. Селье выделяет три его фазы: тревоги, резистентности и опустошения. Стресс-реакция может пройти бесследно, если влияние не очень сильное; при его повторении возможна адаптация к этому стимулу. Если же стресс очень интенсивный, тогда возможно опустошение всех запасов глюкокортикостероидов в коре надпочечников и разрушение ее.

Изменение концентрации *глюкокортикоидов* как в сторону повышения (гиперфункция), так и в сторону снижения (гипофункция) приводит к серьезным нарушениям в организме. В результате повышенной секреции *кортизола* наблюдаются ожирение, усиленный распад белков (катаболический эффект), задержка воды, гипертензия и т. д. При недостаточности функции коры надпочечников, снижении выработки *кортикостероидов* возникает тяжелая патология – *болезнь Аддисона*. Она характеризуется бронзовой окраской тела, повышенной усталостью, гипотонией, слабостью сердечной мышцы и др.

Минералокортикоиды (*альдостерон*) регулируют обмен Na^+ и K^+ , действуя главным образом на почки. При избытке гормона повышается концентрация Na^+ и снижается K^+ в крови, возрастает ее осмотическое давление, задерживается вода в организме, повышается артериальное давление. Дефицит гормона ведет к снижению уровня Na^+ в крови и тканях и к повышению уровня K^+ . Потеря Na^+ сопровождается выведением из тканей жидкости – обезвоживанием организма.

Адреналин влияет на сердечно-сосудистую систему: повышает артериальное давление, частоту и силу сердечных сокращений, расширяет сосуды скелетных мышц, гладкую мускулатуру бронхов. Кроме того, он увеличивает содержание глюкозы в крови, усиливает окислительные процессы в клетках. Выход адреналина в кровь происходит под действием симпатической нервной системы.

Норадреналин способствует поддержанию тонуса кровеносных сосудов, участвует в передаче возбуждения из симпатических нервных волокон на иннервируемые органы.

Эндокринная часть поджелудочной железы. Поджелудочная железа состоит из экзокринной и эндокринной частей. *Эндокринная часть* представлена группами эпителиальных клеток (*островки Лангерганса*), отделенных от экзокринной части железы тонкими соединительнотканными прослойками. Больше всего островков сконцентрировано в области хвоста поджелудочной железы. Размеры панкреатических островков колеблются в пределах 0,1–0,3 мм, а общая масса их не превышает 1/100 массы поджелудочной железы.

Панкреатические островки имеют два основных типа железистых клеток. Клетки, синтезирующие инсулин, называют бета-клетками (или β -клетками); клетки, вырабатывающие глюкагон – альфа-клетками (или α -клетками).

Инсулин представляет собой белковый гормон с молекулярной массой около 6000 Да. Он образуется из проинсулина под влиянием протеаза. Превращение проинсулина в активный гормон инсулин происходит в бета-клетках. Регуляция секреции инсулина осуществляется симпатической и парасимпатической нервной системой, а также под влиянием ряда полипептидов, которые вырабатываются в желудочно-кишечном тракте.

Глюкагон – полипептид, состоит из одной цепи с молекулярной массой около 3500 Да. Он может вырабатываться и в кишечнике в виде энтероглюкагона.

Регуляция секреции глюкагона осуществляется при помощи рецепторов глюкозы в гипоталамусе, которые определяют снижение уровня глюкозы в крови. В эту цепь взаимодействий включаются гормон роста, соматостатин, энтероглюкагон, симпатическая нервная система.

Гормоны островковых клеток оказывают значительное влияние на метаболические процессы. Инсулин является анаболическим

гормоном с широким спектром действия. Его роль заключается в повышении синтеза углеводов, жиров и белков. Он стимулирует метаболизм глюкозы, увеличивает проникновение для глюкозы клеток миокарда, скелетных мышц, что способствует большему току глюкозы внутрь клетки. Инсулин снижает уровень глюкозы в крови, стимулирует синтез гликогена в печени, влияет на обмен жиров.

Основной эффект глюкагона связан с усилением метаболических процессов в печени, расщеплением гликогена до глюкозы и выделением ее в ток крови. Глюкагон является синергистом адреналина. При отклонении уровня глюкозы в крови от нормы наблюдается *гипо-* или *гипергликемия*. При недостатке инсулина или изменении его активности содержание глюкозы в крови резко возрастает, что может привести к появлению *сахарного диабета* с соответствующими клиническими симптомами. Высокий уровень глюкагона в крови вызывает развитие гипогликемических состояний.

Эндокринная часть половых желез. Яичко (семенник) у мужчин и яичники у женщин, кроме половых клеток, вырабатывают и выделяют в кровь половые гормоны, под влиянием которых происходит формирование вторичных половых признаков.

Эндокринной функцией в яичке обладает интерстиций, который представлен железистыми клетками – *интерстициальными эндокриноцитами* яичка, или *клетками Лейдига*, которые располагаются в рыхлой соединительной ткани между извитыми семенными канальцами, рядом с кровеносными и лимфатическими сосудами. Интерстициальные эндокриноциты яичка выделяют мужской половой гормон – *тестостерон*.

В яичнике вырабатываются такие половые гормоны, как эстроген, гонадотропин и прогестерон. Местом образования эстрогена (фолликулина) и гонадотропина является зернистый слой созревающих фолликулов, а также интерстициальные клетки яичника. Эстроген стимулирует, а гонадотропин угнетает рост и развитие половых клеток. Под влиянием фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов гипофиза происходит рост фолликулов и активизация интерстициальных клеток. Лютеинизирующий гормон вызывает овуляцию и образование желтого тела, клетки которого вырабатывают гормон яичника *прогестерон*. Этот гормон подготавливает слизистую оболочку матки для имплантации оплодотворенной яйцеклетки, а также задерживает рост новых фолликулов.

Регуляция желез внутренней секреции. Эндокринные железы и выделяемые ими гормоны тесно связаны с нервной системой, образуют общий интеграционный механизм регуляции. Регулирующее влияние центральной нервной системы на физиологическую активность желез внутренней секреции осуществляется через гипоталамус. В свою очередь гипоталамус связан через афферентные пути с другими отделами центральной нервной системы (со спинным, продолговатым и средним мозгом, таламусом, базальными ганглиями, полями коры больших полушарий и др.). Благодаря этим связям в гипоталамус поступает информация со всех отделов организма: сигналы от экстеро- и интерорецепторов идут в центральную нервную систему через гипоталамус и передаются эндокринным органам.

Таким образом, нейросекреторные клетки гипоталамуса превращают афферентные стимулы в гуморальные факторы с физиологической активностью (*рилизинг-гормоны*, или *либерины*), которые стимулируют синтез и высвобождение гормонов гипофиза. А гормоны, тормозящие эти процессы, называются *ингибирующими гормонами* (или факторами), или *статинами*.

Гипоталамические рилизинг-гормоны влияют на функцию клеток гипофиза, которые вырабатывают ряд гормонов. Последние в свою очередь влияют на синтез и секрецию гормонов периферических эндокринных желез, а те уже на органы или ткани-мишени. Все уровни этой системы взаимодействий тесно связаны между собой *системой обратной связи*. Кроме того, известно, что разные гормоны оказывают воздействие и на функции отделов ЦНС.

Важную роль в регуляции функции эндокринных желез играют медиаторы симпатических и парасимпатических нервных волокон.

Однако имеются железы внутренней секреции (паращитовидная, поджелудочная и др.), которые регулируются иным путем за счет влияния уровня гормонов-антагонистов, а также в результате изменения концентрации тех метаболитов (веществ), уровень которых регулируется этими гормонами. Существует часть гормонов, выработанных в гипоталамусе (антидиуретический гормон, окситацин), гормоны гипофиза, которые непосредственно влияют на органы и ткани-мишени.

Таким образом, регуляция желез внутренней секреции в организме человека представляет собой сложную, со многими неизвестными процессами систему.

4.2. Пищеварительная система и ее значение в обеспечении здоровья человека

4.2.1. Органы, составляющие пищеварительную систему

В пищеварительную систему входят полость рта, глотка, пищевод, желудок, тонкая и толстая кишки, печень, поджелудочная железа (рис. 4.2). Органы, составляющие пищеварительную систему, располагаются в области головы, шеи, грудной клетки, брюшной полости и таза.

Основная функция пищеварительной системы заключается в приеме пищи, механической и химической ее обработке, усвоении пищевых веществ и выделении непереваренных остатков.

Процесс пищеварения – начальный этап обмена веществ. С пищей человек получает энергию и необходимые для своей жизнедеятельности вещества. Однако поступающие с пищей белки, жиры и углеводы не могут быть усвоены без предварительной обработки. Необходимо, чтобы крупные сложные нерастворимые в воде молекулярные соединения превратились в более мелкие, растворимые в воде и лишенные своей специфичности. Этот процесс происходит в пищеварительном тракте и называется пищеварением, а образующиеся при этом продукты – продуктами переваривания.

Полость рта (cavitas oris) является началом пищеварительной системы. При помощи зубов пища измельчается, пережевывается, при помощи языка размягчается, смешивается со слюной, которая поступает в полость рта из слюнных желез, а затем поступает в глотку.

Полость рта посредством альвеолярных отростков челюстей и зубов делится на два отдела: преддверие рта и собственно полость рта.

Преддверие рта (vestibulum oris) представляет собой щелевидное пространство, ограниченное снаружи губами и щеками. Схема пищеварительного тракта верхней и нижней зубными дугами и деснами. С внешней средой преддверие рта соединяется ротовой щелью, а с собственно полостью рта – щелью, образованной верхними и нижними зубами и промежутком за большим коренным зубом. Ротовая щель ограничена губами, которые представляют собой кожно-мышечные складки. Основу губ формируют волокна круговой мышцы рта. Губы в углах рта соединены спайками губ. Наружная поверхность губ покрыта кожей, а внутренняя – слизистой оболочкой и многослойным плоским неороговевающим

эпителием. В месте перехода слизистой оболочки на десны находятся уздечки верхней и нижней губ.

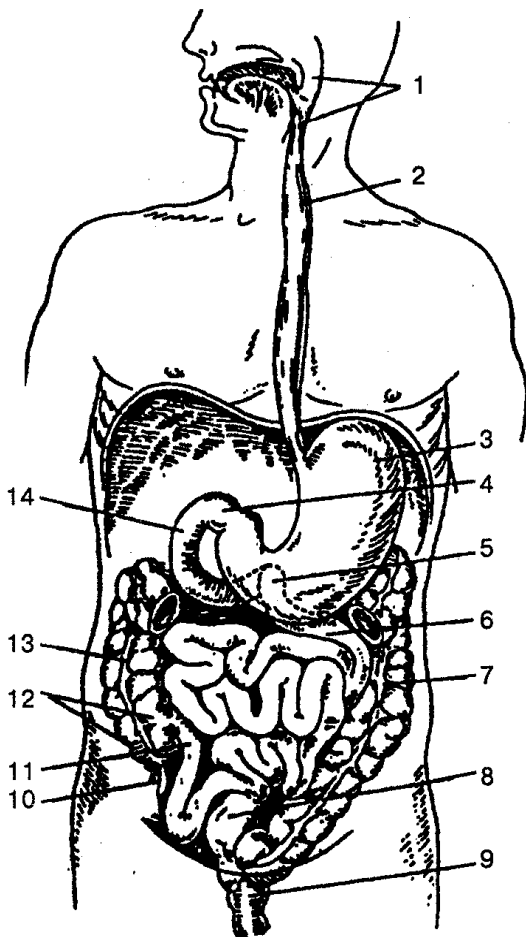


Рис. 4.2. Схема пищеварительного тракта:

- 1 – глотка; 2 – пищевод; 3 – желудок;
- 4 – место перехода желудка в двенадцатиперстную кишку;
- 5 – место перехода двенадцатиперстной кишки в тощую;
- 6 – тощая кишка;
- 7 – нисходящая ободочная кишка; 8 – сигмовидная ободочная кишка;
- 9 – прямая кишка; 10 – червеобразный отросток (аппендикс);
- 11 – подвздошная кишка; 12 – слепая кишка; 13 – восходящая ободочная кишка;
- 14 – двенадцатиперстная кишка

Собственно полость рта (cavitas oris propria) простирается от зубов до входа в глотку. Сверху она ограничена твердым и мягким нёбом, снизу – мышцами, которые образуют диафрагму рта, спереди и с боков – щеками, зубами, а сзади через широкое отверстие – зевом.

Щеки (buccae) образованы щечными мышцами. Снаружи они покрыты кожей, а изнутри – слизистой оболочкой. Между кожей и щечными мышцами располагается толстый слой жировой ткани, которая образует *жировое тело щеки*. Оно особенно хорошо развито у детей грудного возраста, что способствует акту сосания. На слизистой оболочке щеки, в преддверии рта открывается проток околоушной слюнной железы.

Десны (gingivae) являются продолжением слизистой оболочки губ и щек; идут на альвеолярные отростки челюстей и плотно окутывающих шейки зубов.

Язык (lingua) – мышечный орган, который участвует в перемешивании пищи в полости рта, определении вкусовых качеств в акте глотания и в артикуляции. Расположен язык на дне (нижней стенке) полости рта. Он представляет собой плоское тело овально-вытянутой формы. Язык имеет верхушку, тело и корень, а также верхнюю поверхность (спинку языка), нижнюю поверхность и край. Слизистая оболочка спинки языка образует выросты-сосочки разной формы и размеров. Различают грибовидные, листовидные, нитевидные, конусовидные и желобовидные сосочки. Они содержат кровеносные сосуды и нервные окончания вкусовой или общей чувствительности. Слизистая оболочка корня языка не имеет сосочков. Здесь находится много лимфоидных узелков, которые образуют язычную миндалину. На нижней поверхности языка слизистая оболочка при переходе на дно полости рта образует по срединной линии складку – *уздечку языка*.

Мышцы языка (m. linguae) парные, делятся на скелетные и собственные. К скелетным относятся три мышцы: *подбородочно-язычная* (m. genioglossus) – выдвигает язык вперед или отклоняет его в сторону; *подъязычно-язычная* (m. hyoglossus) – оттягивает язык вниз и назад и *шилоязычная* (m. styloglossus) – оттягивает язык вверх и назад. Собственные мышцы языка представлены четырьмя мышцами, которые идут в толщу языка и пересекаются во взаимно перпендикулярных направлениях: верхняя и нижняя

продольные мышцы, поперечная и вертикальная мышцы. При сокращении они изменяют форму языка.

Зубы (dentes) расположены в зубных альвеолах верхней и нижней челюсти на верхнем крае десен. Зубы служат органом захватывания, откусывания и измельчения пищи, участвуют в звукообразовании.

У человека на протяжении жизни зубы меняются дважды: вначале в соответствующей последовательности появляется 20 молочных зубов, а затем 32 постоянных зуба. Все зубы одинаковы по строению. Каждый зуб имеет коронку, шейку и корень. *Коронка* – наиболее массивная часть зуба, выступает над десной. В ней различают язычную, вестибулярную (лицевую), контактную поверхность и поверхность смыкания (жевательная).

При помощи особого вида непрерывного соединения – вколачивания – зубы неподвижно закреплены в зубных альвеолах челюстей. Каждый зуб имеет от одного до трех корней. Корень заканчивается *верхушкой*, на ней находится малое отверстие, через которое в полость зуба входят и выходят сосуды и нервы. Корень удерживается в зубной ячейке челюсти за счет соединительной ткани – *периодонта*. *Шейка* зуба представляет собой небольшое сужение зуба между коронкой и корнем зуба, ее охватывает слизистая оболочка десны. Внутри зуба находится небольшая *полость зуба*, которая образует *полость коронки* и продолжается в корень зуба в виде *канала корня зуба*. Полость зуба заполнена пульпой, которая состоит из соединительной ткани, кровеносных сосудов и нервов. В вещество зуба входят дентин, эмаль и цемент. *Дентин* расположен вокруг полости зуба и коренного канала, он образует основную массу зуба. Снаружи коронка покрыта *эмалью*, а корень *цементом*.

Зубы взрослого человека расположены симметрично на верхней и нижней челюсти, по 16 зубов на каждой. Их можно записать в виде формулы: (2 резца, 1 клык, 2 малых коренных и 3 больших коренных зуба в каждой половине).

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c} 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ \hline 3 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

Каждый зуб имеет свою форму и выполняет соответствующую функцию, например резцы предназначены для разрезания (отделения)

пищи, клыки – для разрывания, коренные зубы – для раздробления и растирания.

Молочная формула зубов выглядит следующим образом:

$$\frac{2 \mid 0 \mid 1 \mid 2 \mid 2 \mid 1 \mid 0 \mid 2}{2 \mid 0 \mid 1 \mid 2 \mid 2 \mid 1 \mid 0 \mid 2}$$

Первые молочные зубы начинают появляться у детей в 5–7 месяцев жизни и заканчиваются к началу третьего года; функционируют они только до 6–7 лет. Затем перед прорезанием соответствующего постоянного зуба молочный выпадает. Постоянные зубы появляются у детей в возрасте 6–7 лет, и процесс этот заканчивается к 13–15 годам.

Нёбо (palatum) делится на твердое и мягкое. *Твердое нёбо* образовано поднёбными отростками верхней челюсти и горизонтальными пластинками костей нёба, соединенных между собой *швом нёба*. Оно покрыто слизистой оболочкой с многослойным плоским неороговевающим эпителием и плотно сросшейся с надкостницей.

Мягкое нёбо представляет собой мышечно-апоневротическое образование, покрытое слизистой оболочкой. Передний отдел мягкого нёба располагается горизонтально, а задний свисает свободно, образует *нёбную занавеску с нёбным язычком* посередине. Они отделяют носоглотку от ротоглотки. От латеральных краев нёбной занавески отходят две складки (дужки): передняя *нёбно-язычная дужка* и задняя – *нёбно-глоточная дужка*. Первая спускается к боковой поверхности языка, а вторая – к боковой стенке глотки. Между дужками располагается миндалинковая ямка с *нёбной миндалиной*. В основу мягкого нёба входят парные поперечнополосатые мышцы (мышца, напрягающая нёбную занавеску, мышца, поднимающая нёбную занавеску, нёбно-язычная и нёбно-глоточные мышцы) и непарная мышца язычка. Сокращаясь, они напрягают нёбную занавеску, расширяют и опускают мягкое нёбо.

Полость рта посредством *перешейка зева* сообщается с глоткой. Перешеек зева сверху ограничивается мягким нёбом, снизу – корнем языка, с боков – нёбно-язычными дужками.

К железам рта относятся большие и малые слюнные железы, протоки которых открываются в полость рта. *Малые слюнные железы* находятся в толще слизистой оболочки или в подслизистой

основе, выстилающей полость рта. В зависимости от расположения различают губные, молярные, нёбные и язычные железы. От характера выделяемого ими секрета они делятся на серозные, слизистые и смешанные.

Большие слюнные железы – это парные железы, расположенные за пределами полости рта. К ним относятся околоушная, поднижнечелюстная и подъязычная железы. Они, как и малые слюнные железы, выделяют серозный, слизистый и смешанный секрет. Смесь секрета всех слюнных желез ротовой полости называется *слюной*.

Околоушная железа – самая большая, лежит на боковой поверхности лица, спереди и книзу от ушной раковины. Ее выводной проток длиной около 5–6 см открывается в преддверие рта на слизистой оболочке щеки на уровне верхнего второго большого коренного зуба.

Поднижнечелюстная железа находится несколько внутрь и ниже тела нижней челюсти; выводной проток открывается на подъязычном сосочке. Секрет железы – серозно-слизистый.

Подъязычная железа расположена на дне полости рта непосредственно под слизистой оболочкой; большой выводной проток соединяется с конечной частью.

Глотка (pharynx) – непарный орган, расположена в области головы и шеи, является частью пищеварительной и дыхательной систем, представляет собой воронкообразную трубку длиной 12–15 см, подвешенную к основанию черепа. Она прикрепляется к глоточному бугорку базилярной части затылочной кости, к пирамидам височных костей и к крыловидному отростку клиновидной кости; на уровне VI–VII шейных позвонков переходит в пищевод.

В глотку открываются отверстия полости носа (хоаны) и полости рта (зев). Воздух из полости носа через хоаны или из полости рта через зев поступает в глотку, а после в гортань. Пищевая масса из полости рта во время акта глотания проходит в глотку, а далее в пищевод. Вследствие этого глотка является местом, где пересекаются дыхательный и пищеварительный пути. Между задней стенкой глотки и пластинкой шейной фасции располагается *заглоточное пространство*, заполненное рыхлой соединительной тканью, в которой залегают заглоточные лимфоузлы.

Глотка делится на три части: носовую, ротовую и гортанную.

Носовая часть составляет верхний отдел глотки и относится только к дыхательным путям. На боковой стенке носоглотки расположено глоточное отверстие слуховой трубы диаметром 3–4 мм, которое соединяет полость глотки с полостью среднего уха. Кроме того, здесь находятся скопления лимфоидной ткани в виде глоточной и трубной миндалин.

Ротовая часть простирается от нёбной занавески до входа в гортань. Спереди она имеет сообщение с перешейком зева, сзади соответствует III шейному позвонку.

Гортанная часть является нижним отделом глотки и располагается от уровня входа в гортань до перехода глотки в пищевод. На передней стенке этой части находится отверстие, которое ведет в гортань. Оно ограничено вверху надгортанником, с боков – черпалонадгортанными складками, внизу – черпаловидными хрящами гортани. Стенка глотки образована слизистой оболочкой, которая лежит на плотной соединительнотканной пластинке, заменяющей подслизистую основу. Снаружи от подслизистой основы находятся мышечная оболочка и соединительнотканная оболочка (адвентиция). Слизистая оболочка внутри глотки не имеет складок, на уровне носоглотки покрыта реснитчатым (мерцательным) эпителием, а внизу – многослойным плоским эпителием. В слизистой оболочке находятся слизистые железы, которые вырабатывают секрет, увлажняющий ее стенки и способствующий скольжению пищевого комка при глотании. Снаружи подслизистая основа покрыта мышцами глотки, образованными поперечнополосатой мышечной тканью.

Глоточная и трубная миндалины, а также нёбо и язычная миндалина образуют лимфоэпителиальное кольцо (кольцо Пирогова–Вальдейера). Эти миндалины выполняют важную защитную функцию по обезвреживанию микробов, которые постоянно попадают в организм из внешней среды.

Мышцы глотки делятся на подниматели и сжиматели. В первую группу мышц входят шилоглоточная и трубноглоточная. Во вторую – три сжимателя (констрикторы): верхний, средний и нижний. При прохождении пищевого комка через глотку продольные мышцы поднимают ее, а сжиматели глотки, последовательно сокращаясь сверху вниз, продвигают пищу к пищеводу. На уровне VI–VII шейных позвонков глотка переходит в пищевод и дальше пища из глотки поступает в желудок.

Пищевод (esophagus) – это цилиндрическая трубка длиной 25–30 см, которая соединяет глотку с желудком. Он начинается на уровне VI шейного позвонка, проходит через грудную полость, диафрагму и впадает в желудок слева от X–XI грудного позвонка. Различают три части пищевода: шейную, грудную и брюшную.

Шейная часть расположена между трахеей и позвоночником на уровне VI шейного и до II грудного позвонков. По бокам шейной части пищевода проходят возвратный гортанный нерв и общая сонная артерия.

Грудная часть пищевода располагается вначале в верхнем, а затем в заднем средостении. На этом уровне пищевод окружают трахея, перикард, грудная часть аорты, главный левый бронх, правый и левый блуждающие нервы.

Брюшная часть пищевода длиной 1–3 см соединяется с кардиальным отделом желудка. В трех местах имеет анатомические сужения: первое – на уровне VI–VII шейных позвонков; второе – IV–V грудных позвонков; третье – в месте прохода пищевода через диафрагму. Кроме того, различают и два физиологических сужения: аортальное – в месте пересечения пищевода с аортой и каудальное – в месте перехода в желудок.

Стенка пищевода состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной и адвентициальной оболочек. Слизистая оболочка выстлана многослойным плоским эпителием. Подслизистая основа хорошо развита, что позволяет слизистой оболочке собираться в продольные складки. В слизистой оболочке и подслизистой основе находятся железы, которые своими протоками открываются в просвет пищевода. Мышечная оболочка формируется наружным продольным и внутренним круговыми слоями. Адвентициальная оболочка выстилает только шейную и грудную части пищевода, а брюшная часть покрыта висцеральным листком брюшины. Адвентиций дает возможность пищеводу изменять размер поперечного диаметра при прохождении пищевого комка.

Желудок (ventriculus, gaster) представляет собой расширенную часть пищеварительного тракта, которая служит вместилищем для пищи и находится между пищеводом и двенадцатиперстной кишкой.

В желудке различают переднюю и заднюю стенки, малую и большую кривизну, кардиальную часть, дно (свод), тело и пилорическую (привратниковую) часть (рис. 4.3).

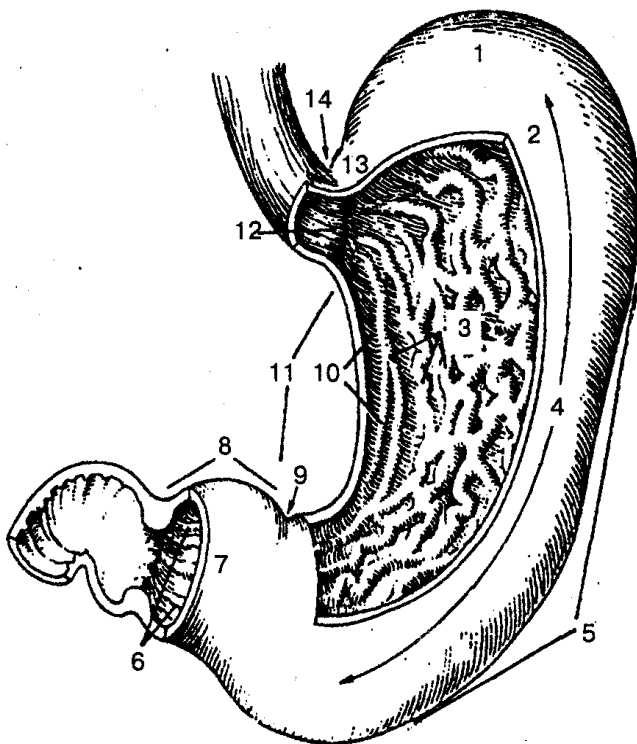


Рис. 4.3. Желудок (вскрыт):

- 1 – дно желудка; 2 – передняя стенка; 3 – складки желудка; 4 – тело желудка;
 5 – большая кривизна желудка; 6 – канал привратника;
 7 – привратниковая пещера; 8 – привратниковая (пилорическая) часть;
 9 – угловая вырезка; 10 – канал желудка; 11 – малая кривизна желудка;
 12 – кардиальное отверстие; 13 – кардиальная часть желудка;
 14 – кардиальная вырезка

Размеры желудка сильно варьируют в зависимости от телосложения и степени наполнения органа. При среднем наполнении желудок имеет длину 24–26 см, а натошак – 18–20 см. Вместимость желудка взрослого человека составляет в среднем 3 л (1,5–4,0 л).

В состав стенки желудка входят слизистая оболочка, подслизистая основа, мышечная и серозная оболочки.

Слизистая оболочка желудка покрыта однослойным цилиндрическим эпителием, образует множество складок, имеющих разное направление: по малой кривизне – продольное, в области дна

и тела желудка – поперечное, косое и продольное. В месте перехода желудка в двенадцатиперстную кишку находится кольцеобразная складка – заслонка пилоруса (привратника), которая при сокращении сфинктера привратника разграничивает полость желудка и двенадцатиперстной кишки. На слизистой оболочке находятся небольшие возвышения, которые получили название желудочных полей. На поверхности этих полей есть углубления (желудочные ямки), которые представляют устья желудочных желез. Последние выделяют желудочный сок для химической обработки пищи.

Подслизистая основа желудка хорошо развита, содержит густые сосудистые и нервные сплетения.

Мышечная оболочка желудка (рис. 4.4) имеет внутренний косой слой мышечных волокон, средний – круговой слой – представлен круговыми волокнами, наружный – продольными гладкими волокнами. В области привратниковой части желудка круговой слой развит больше, чем продольный, и образует вокруг выходного отверстия *сфинктер привратника*.

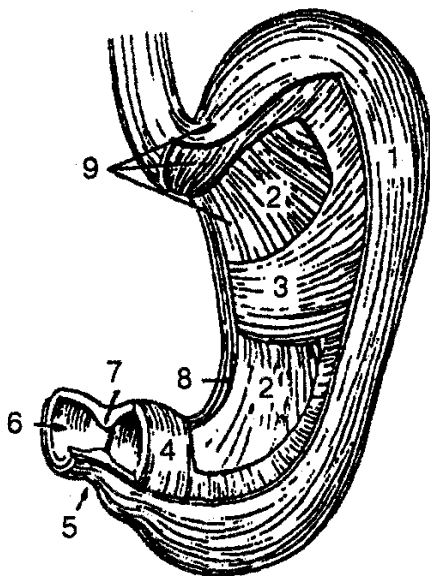


Рис. 4.4. Мышечная оболочка желудка:

1, 8 – продольный слой; 2 – косые волокна; 3, 4 – круговой слой; 5 – привратник; 6 – отверстие привратника; 7 – сфинктер привратника; 9 – мышечная оболочка

Продольная ось желудка проходит косо сверху вниз, слева направо и сзади вперед. Передняя поверхность желудка в кардиальной части дна и тела соприкасается с диафрагмой, а в области малой кривизны – с левой долей висцеральной поверхности печени. Небольшая часть тела желудка прилегает непосредственно к передней брюшной стенке.

Тонкая кишка (intestinum tenue) – самая длинная часть пищеварительного тракта. Здесь происходит дальнейшее переваривание пищи, расщепление всех пищевых веществ под воздействием кишечного сока, сока поджелудочной железы, желчи печени и всасывание продуктов в кровеносные и лимфатические сосуды (капилляры).

Длина тонкой кишки у человека колеблется от 2,2 до 4,5 м. У мужчин она несколько длиннее, чем у женщин. Тонкая кишка имеет форму трубки, которая в поперечнике составляет около 47 мм, а в конце – около 27 мм. Верхней границей тонкой кишки является привратник желудка, а нижней – илеоцекальный клапан в месте входа в слепую кишку.

В тонкой кишке выделяют три отдела: двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. В отличие от двенадцатиперстной тощая и подвздошная кишки имеют брыжейку и рассматриваются как брыжеечная часть тонкой кишки.

Двенадцатиперстная кишка (duodenum) имеет общую длину 17–21 см и является начальным отделом тонкой кишки. В ней выделяют четыре части: верхнюю, нисходящую, горизонтальную и восходящую.

Двенадцатиперстная кишка располагается забрюшинно и не имеет своей брыжейки. Брюшина прилегает к кишке спереди, покрывает со всех сторон только ее начальный отдел – ампулу. Двенадцатиперстная кишка фиксируется печеночно-дуоденальной, двенадцатиперстно-печеночной и подвешивающей связками. Слизистая оболочка этой кишки образует круговые складки, характерные для всего тонкого кишечника. Кроме того, на внутренней стенке ее находится продольная складка, в нижней части которой расположен *большой сосочек двенадцатиперстной кишки*, где открываются общим отверстием общий желчный проток и проток поджелудочной железы. На 2–3 см выше от сосочка располагается малый сосочек двенадцатиперстной кишки, на котором открывается устье добавочного протока поджелудочной железы.

В подслизистой основе находится множество дуоденальных желез, протоки которых открываются в просвет кишки. Мышечная оболочка состоит из внутреннего циркулярного и наружного продольных слоев гладких мышечных волокон. Снаружи двенадцатиперстная кишка покрыта адвентицией.

Часть тонкой кишки, имеющая брыжейку, лежит ниже поперечной ободочной кишки, и ее брыжейка образует 14–16 петель, покрытых спереди большим сальником. Около $\frac{2}{5}$ брыжеечной части тонкой кишки относится к тощей кишке и $\frac{3}{5}$ – к подвздошной. Четко обозначенной границы между этими отделами тонкой кишки не существует.

Тощая кишка (jejunum) лежит непосредственно после двенадцатиперстной кишки, ее петли расположены в левой верхней части брюшной полости. Диаметр тощей кишки составляет 3,5–4,5 см.

Подвздошная кишка (ileum) является продолжением тощей кишки. Она занимает правую нижнюю часть брюшной полости и соединяется со слепой кишкой в области правой подвздошной ямки. Длина подвздошной кишки около 2,7 см.

Тощая и подвздошная кишки покрыты брюшиной, образующей *наружную серозную оболочку* ее стенки, которая расположена на тонкой субсерозной основе.

При этом брюшина формирует брыжейку, между листками которой идут кровеносные и лимфатические сосуды, нервы.

Под *субсерозной основой* лежит мышечная оболочка, которая состоит из наружного продольного слоя, хорошо развитого, и внутреннего кругового слоя.

За мышечной оболочкой находится *подслизистая основа*, в состав которой входит рыхлая соединительная ткань с множеством кровеносных, лимфатических сосудов и нервов.

Слизистая оболочка тощей и подвздошной кишок образует круговые складки высотой около 8 мм, которые охватывают $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ окружности кишки. Высота складок в направлении от тощей до подвздошной кишки уменьшается. Складки покрыты кишечными ворсинками высотой 0,2–1,2 мм, что значительно увеличивает площадь всасывания слизистой оболочки тонкой кишки, которая покрыта однослойным призматическим эпителием и имеет хорошо развитую сеть кровеносных и лимфатических сосудов. В слизистой оболочке тощей кишки, кроме того, расположены одиночные

лимфоидные узелки, а в слизистой оболочке подвздошной кишки их много и они объединяются в групповые лимфоидные узлы (пейеровы бляшки).

Основу ворсинок составляет соединительная ткань собственной пластинки слизистой оболочки с небольшим количеством гладких мышечных клеток. В центральной части расположен лимфатический капилляр, вокруг которого, ближе к эпителию, проходят кровеносные сосуды.

Толстая кишка (intestinum crassum) является продолжением тонкого кишечника и конечным отделом пищеварительного тракта. В ней завершается переваривание пищи, формируются и выводятся наружу через анальное отверстие каловые массы.

Расположена толстая кишка в брюшной полости и в полости малого таза; длина ее колеблется от 1,0 до 1,7 м; диаметр – до 4–8 см. В толстую кишку входят слепая кишка с червеобразным отростком; восходящая, поперечная нисходящая и сигмовидная ободочные кишки; прямая кишка.

Слепая кишка (caecum) имеет длину около 6 см и диаметр 7,0–7,5 см. Она представляет собой начальную расширенную часть толстой кишки ниже места входа подвздошной кишки в толстую. Брюшина покрывает слепую кишку со всех сторон, но не имеет брыжейки. Положение слепой кишки очень вариабельно, она часто может находиться у входа в малый таз. От задней поверхности слепой кишки отходит червеобразный отросток (аппендикс). Последний представляет собой вырост слепой кишки длиной 2–20 см (в среднем 8 см) и диаметром 0,5–1,0 см. Чаще червеобразный отросток расположен в правой подвздошной ямке и может иметь нисходящее, латеральное или восходящее направление. При переходе подвздошной кишки в слепую образуется *илеоцекальное отверстие*, напоминающее горизонтальную щель, ограниченную сверху и снизу двумя складками, которые формируют *илеоцекальный клапан*. Последний предупреждает возвращение содержимого из слепой кишки в подвздошную. Несколько ниже илеоцекального клапана на внутренней поверхности находится отверстие червеобразного отростка.

Восходящая ободочная кишка (colon ascendens) продолжает слепую кишку вверх, расположена в правой боковой области брюшной полости. Дойдя до висцеральной поверхности правой доли

печени, кишка резко поворачивает влево и образует правый выгиб ободочной кишки, а затем переходит в поперечную ободочную кишку.

Поперечная ободочная кишка (colon transversum) берет начало от правого изгиба ободочной кишки, идет поперек до левого изгиба ободочной кишки. Сверху к поперечной ободочной кишке, к ее правому изгибу, прилегает печень, а к левому изгибу – желудок и селезенка, снизу – петли тонкой кишки, спереди – передняя брюшная стенка, сзади – двенадцатиперстная кишка и поджелудочная железа. Кишка со всех сторон покрыта брюшиной, имеет брыжейку, при помощи которой прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

Нисходящая ободочная кишка (colon descendens) имеет длину 10–30 см, начинается от левого изгиба ободочной кишки и идет вниз до левой подвздошной ямки, где переходит в сигмовидную кишку. Находясь в левом отделе брюшной полости, кишка прилегает к квадратной мышце поясницы, левой почке, подвздошной мышце; справа от кишки находятся петли тощей кишки, слева – левая брюшная стенка; передняя поверхность нисходящей ободочной кишки соприкасается с передней брюшной стенкой. Брюшина покрывает нисходящую ободочную кишку с боков и спереди.

Сигмовидная кишка (colon sigmoideum) находится в левой подвздошной ямке, вверху начинается от уровня гребня подвздошной кости и заканчивается на уровне крестцово-подвздошного сустава, где переходит в прямую кишку. По ходу сигмовидная кишка образует две петли, форма и размер которых могут иметь индивидуальную вариабельность. Длина этой кишки у взрослого человека колеблется от 15 до 67 см. Брюшина покрывает ее со всех сторон и, образовав брыжейку, прикрепляется к задней стенке брюшной полости.

Стенка толстой кишки состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной и серозной оболочек.

Слизистая оболочка покрыта цилиндрическим эпителием, в котором находятся слизистые (бокаловидные) клетки. Ворсинок слизистая оболочка не образует, в ней есть только полулунные складки ободочной кишки, которые расположены в три ряда и соответствуют границам многочисленных мешковидных выпячиваний стенки – гаустр ободочной кишки. Снаружи от слизистой оболочки располагается *мышечная оболочка*, которая состоит из внутреннего кругового и наружного продольного слоев. Последний образует три продольных пучка (ленты) ободочной кишки. Каждая из этих лент имеет

ширину около 1 см и называется соответственно брыжеечной, свободной и сальниковой. В стенке аппендикса и прямой кишки они сливаются в единый мышечный слой. Серозная оболочка полностью покрывает аппендикс, слепую, поперечную ободочную и сигмовидную кишки, а также начальный отдел прямой кишки; остальные части толстой кишки покрыты брюшиной частично.

В области свободной и сальниковой лент, на наружной поверхности толстой кишки серозная оболочка образует сальниковые отростки из жировой ткани.

Прямая кишка (rectum) – конечная часть толстой кишки; в ней накапливаются, а затем выводятся из нее каловые массы. Длина прямой кишки в среднем составляет около 15 см, диаметр колеблется от 2,5 до 7,5 см; располагается она в полости малого таза. Сзади нее находятся крестец и копчик, спереди – предстательная железа, мочевого пузырь, семенные пузырьки и ампулы семявыводящих протоков у мужчин, матка и влагалище – у женщин. По ходу прямая кишка образует два изгиба в сагиттальной плоскости: крестцовый, который соответствует кривизне крестца, и промежностный, направленный выпуклостью вперед. На уровне крестца прямая кишка образует расширение – *ампулу*. Узкая часть кишки, проходящая через промежность, называется заднепроходным каналом, который открывается наружным отверстием – задним проходом.

Слизистая оболочка прямой кишки содержит кишечные железы (слизистые и бокаловидные) и одиночные лимфоидные узелки; образует продольные и поперечные складки.

Подслизистая основа содержит сосудистые и нервные сплетения, лимфоидные фолликулы. В ампуле прямой кишки расположены 2–3 поперечные складки, а в заднепроходном канале – 6–10 постоянных продольных складок (столбов). Между ними находятся углубления – заднепроходные анальные пазухи, ограниченные снизу заднепроходными (анальными) заслонками. Последние формируют прямокишечно-заднепроходную линию.

Мышечная оболочка прямой кишки имеет круговой и продольный слой. Внутренний круговой слой заднепроходного канала образует внутренний (непроизвольный) сфинктер заднего прохода высотой 2–3 см. Наружный (произвольный) сфинктер заднего прохода формируется из слоя круговых поперечнополосатых мышечных волокон, которые затем входят в состав мышц диафрагмы таза.

Мышечные волокна продольного слоя в стенке прямой кишки образуют сплошной слой, в который внизу вплетаются волокна мышцы, поднимающей задний проход.

Серозная оболочка покрывает со всех сторон верхнюю часть прямой кишки, среднюю – с трех сторон, а нижняя лежит за брюшиной.

Печень (hepar) – самая крупная железа тела человека (рис. 4.5). Масса ее составляет около 1500 г. Она выполняет несколько главных функций: пищеварительную, образует белок, обезвреживающую, кроветворную, осуществляет обмен веществ и др.

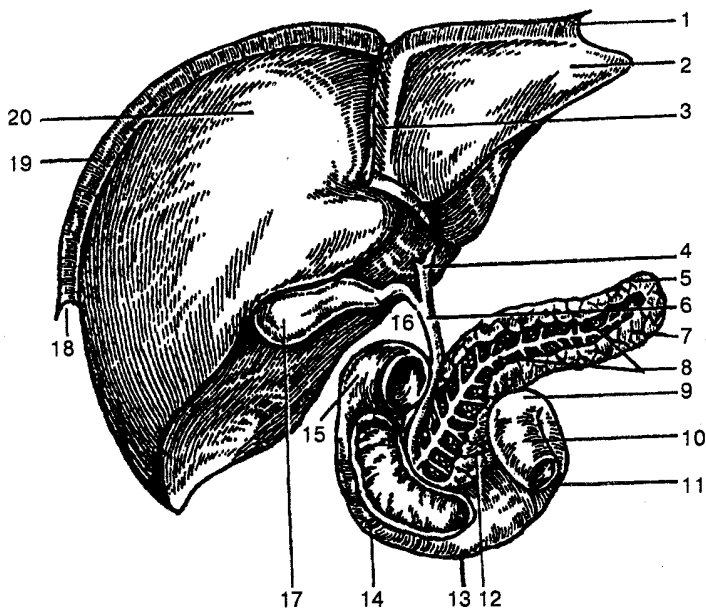


Рис. 4.5. Печень, двенадцатиперстная кишка, поджелудочная железа:

- 1 – левая треугольная связка; 2 – левая доля печени; 3 – серповидная связка (печени);
- 4 – общий печеночный проток; 5 – поджелудочная железа;
- 6 – общий желчный проток; 7 – хвост поджелудочной железы;
- 8 – проток поджелудочной железы; 9 – двенадцатиперстно-тощий изгиб;
- 10 – тощая кишка; 11 – восходящая часть двенадцатиперстной кишки;
- 12 – головка поджелудочной железы;
- 13 – горизонтальная часть двенадцатиперстной кишки;
- 14 – нисходящая часть двенадцатиперстной кишки;
- 15 – верхняя часть двенадцатиперстной кишки; 16 – пузырный проток;
- 17 – желчный пузырь; 18 – правая треугольная связка; 19 – венечная связка;
- 20 – правая доля печени

Печень расположена в области правого подреберья и в надчревной. По форме она напоминает клин, имеет верхнюю и нижнюю поверхности. Верхняя (диафрагмальная) поверхность выпуклая, прилегает к нижней поверхности диафрагмы; нижняя (висцеральная) направлена вниз и к нижележащим органам. Она вогнутая, содержит борозды и вдавленности от прилегающих внутренних органов. Верхняя и нижняя поверхности, соединяясь, образуют нижний острый и задний тупой края. На висцеральной поверхности печени находятся три борозды: одна фронтальная и две сагиттальные; выделяют также правую и левую доли. Правая и левая сагиттальные борозды соединяются глубокой поперечной бороздой, которую называют *воротами печени*. На висцеральной поверхности печени выделяют правую, левую, квадратную и хвостовую доли. На диафрагмальной поверхности можно рассмотреть только правую и левую доли, разделенные серповидной связкой печени.

На диафрагмальной поверхности видны вдавления от прилегающих органов (сердца, нижней полой вены, позвоночника), а на висцеральной – вдавления от правой почки, надпочечника, правого изгиба ободочной кишки и двенадцатиперстной кишки. Левая доля печени соприкасается с желудком и пищеводом.

Брюшина покрывает печень почти со всех сторон, исключение составляют ворота печени, задний край и поперечная борозда. В местах, где брюшина из печени переходит на диафрагму, образуются связки, которые способствуют удержанию печени в соответствующем положении.

Под брюшиной находится тонкая плотная фиброзная оболочка; через ворота печени она проникает в ткань органа, сопровождает кровеносные сосуды и образует с ними междольковые прослойки. Учитывая распределение кровеносных сосудов и желчных протоков, в печени выделяют две доли, пять секторов и 8 сегментов. По своему строению печень – сложная разветвленная трубчатая железа, выводными протоками которой являются желчные протоки. Морфофункциональной единицей печени служит долька печени. Она имеет форму призмы, размеры ее в поперечнике составляют от 0,5 до 2,0 мм; у человека их насчитывается около 500 000. Каждая долька состоит из соединенных печеночных пластинок, или «балок» в виде сдвоенных, радиально направленных рядов печеночных клеток. В центре каждой дольки находится центральная вена.

Внутренние концы печеночных пластинок направлены к центральной вене, наружные – к периферии дольки. Внутри каждой печеночной пластинки между двумя рядами печеночных клеток находится желчный проток (каналец), который дает начало желчевыводящим путям. В центре дольки желчные протоки замкнутые, а на периферии они впадают в междольковые желчные протоки. Последние, соединяясь, образуют более крупные протоки, а затем формируются правый и левый печеночные протоки, выходящие из соответствующих долей печени. У ворот печени они образуют *общий печеночный проток* длиной 4–6 см. Затем этот проток соединяется с пузырным протоком и формируется *общий желчный проток*, который впадает в двенадцатиперстную кишку.

Печень лежит в правом подреберье и не выступает за пределы реберной дуги. Справа нижний край правой доли пересекает реберную дугу на уровне VIII ребра. От конца этого ребра нижний край правой доли, а затем левой пересекает эпигастральную область в направлении VI ребра и заканчивается по среднеключичной линии. Верхняя граница справа по среднеключичной линии соответствует V ребру, слева – пятому-шестому межреберью. У пожилых людей и женщин нижняя граница печени находится несколько ниже, чем у молодых людей и у мужчин.

Желчный пузырь (vesica fellea, biliaris) является вместилищем, в котором происходит накопление желчи, ее концентрация за счет всасывания воды. Он расположен в передней части правой продольной борозды печени, имеет грушевидную форму, вмещает около 40–60 мл желчи. В нем различают дно, тело и шейку. Шейка желчного пузыря переходит в пузырный проток, который соединяется с общим печеночным протоком. Дно желчного пузыря соприкасается с париетальной брюшиной, а тело – с нижней частью желудка, двенадцатиперстной и поперечной ободочной кишок.

Стенка желчного пузыря состоит из слизистой, мышечной оболочек и покрыта брюшиной. Слизистая оболочка в шейке и пузырном протоке формирует спиральную складку; мышечная оболочка состоит из гладких мышечных волокон.

Поджелудочная железа (pancreas) является смешанной пищеварительной железой. У взрослого человека длина ее составляет 14–18 см, ширина 3–9 см, толщина 2–3 см, масса 70–80 г. В поджелудочной железе выделяют головку, тело и хвост.

Головка расположена на уровне I–III поясничных позвонков и прилегает к петле двенадцатиперстной кишки. Задняя поверхность головки лежит на нижней полой вене и аорте, спереди ее пересекает поперечная ободочная кишка.

Тело поджелудочной железы имеет форму треугольника и три поверхности – переднюю, заднюю и нижнюю, а также три края – верхний, передний и нижний.

Хвост поджелудочной железы доходит до ворот селезенки. Сзади хвоста находятся левый надпочечник и верхний конец левой почки.

Выводной проток поджелудочной железы проходит через всю железу, формируется путем слияния внутريدольковых и междольковых протоков и впадает в просвет двенадцатиперстной кишки на ее большом сосочке, соединившись до этого с общим желчным протоком. В конце выводного протока находится сфинктер протока поджелудочной железы. Кроме того, через головку проходит *добавочный проток* поджелудочной железы, который открывается на малом сосочке двенадцатиперстной кишки.

Поджелудочная железа имеет дольковое строение. Дольки, выполняющие внешнесекреторную функцию, составляют основную массу железы. Между ними находится внутрисекреторная часть островков, которые выделяют гормон – инсулин.

Полость живота (или брюшная полость) – самая большая полость организма человека. В ней находятся органы пищеварения и мочевыделения, надпочечники. Сверху брюшная полость ограничена диафрагмой, внизу она продолжается в полость малого таза, спереди и с боков ограничена мышцами живота, сзади – мышцами поясницы и соответствующим отделом позвоночного столба. На задней стенке полости проходят аорта, нижняя полая вена, лежат нервные сплетения, лимфатические сосуды и узлы. Внутренняя поверхность брюшной полости выстлана забрюшинной фасцией, жировой клетчаткой и париетальной брюшиной.

Брюшина (peritoneum) является серозной оболочкой, которая выстилает брюшную полость и покрывает расположенные в ней внутренние органы. Брюшина сформирована серозной пластинкой и покрыта однослойным плоским эпителием. Брюшина, которая выстилает внутренние органы, называется *висцеральной*, а брюшина, которая выстилает стенки брюшной полости – *париетальной*. Соединяясь, висцеральная и париетальная брюшина образуют ограниченную

замкнутую *брюшинную полость*. У взрослого человека общая площадь висцеральной и париетальной брюшины составляет около 1,7 м². В брюшинной полости содержится небольшое количество серозной жидкости, которая уменьшает трение между поверхностями внутренних органов, покрытых брюшиной.

Брюшина, переходящая со стенок брюшной полости на органы или с органа на орган, образует связки, брыжейки, складки и ямки. Брюшина покрывает внутренние органы неодинаково. Ряд органов покрыт брюшиной только с одной стороны (почки, надпочечники, поджелудочная железа, часть двенадцатиперстной кишки). Такое расположение органов называется *экстраперитонеальным*, а сами органы – *забрюшинными*.

Органы, покрытые брюшиной с трех сторон (восходящая ободочная кишка, нисходящая ободочная кишка, средняя часть прямой кишки, мочевого пузыря), имеют *мезоперитонеальное* расположение. Если органы покрыты брюшиной со всех сторон, то они расположены *интраперитонеально*, или *внутрибрюшинно* (желудок, тонкая и слепая кишки, червеобразный отросток, поперечная ободочная кишка, сигмовидная кишка, верхняя часть прямой кишки, селезенка, печень, маточные трубы и матка).

В брюшной полости условно выделяют три этажа: верхний, средний и нижний. *Верхний этаж* ограничен сверху диафрагмой; сбоку – боковыми стенками брюшной полости, покрытой париетальной брюшиной; снизу – поперечной ободочной кишкой и ее брыжейкой. Здесь находятся желудок, печень, селезенка, поджелудочная железа и верхняя часть двенадцатиперстной кишки. Соединяясь с передней и задней стенками живота, брюшина переходит на диафрагму, а затем на печень и образует венечную, серповидную, правую и левую треугольные связки печени. В воротах печени задний и передний листки брюшины соединяются и переходят на желудок и двенадцатиперстную кишку в виде печеночно-желудочной и печеночно-дуоденальной связок. Эти связки располагаются между воротами печени, малой кривизной желудка и верхней частью двенадцатиперстной кишки и образуют *малый сальник*. В последнем проходят печеночная артерия, общий желчный проток и воротная вена.

Большой сальник – это длинная складка брюшины, свисающая впереди поперечной ободочной кишки и петель тонкой кишки

в виде фартука. Он состоит из четырех листков брюшины, между которыми находится жировая клетчатка.

Средний этаж брюшной полости ограничен брыжейкой поперечной ободочной кишки и входом в малый таз. В нем находятся тонкая кишка и часть толстой кишки, а также множество ямок, углублений, которые образованы складками брюшины и внутренними органами. Более постоянными являются ямки вокруг тощей кишки (верхние и нижние дуоденальные углубления), конечной части подвздошной кишки (верхнее и нижнее илеоцекальные углубления), слепой кишки (сзади – слепокишечное углубление) и в брыжейке сигмовидной кишки (межсигмовидное углубление).

Нижний этаж брюшной полости расположен в малом тазу. В нем находятся прямая кишка, мочевой пузырь, семенные пузырьки (у мужчин), матка с маточными трубами и яичниками (у женщин). Брюшина в нижней поверхности покрывает не только верхний и часть среднего отдела прямой кишки, но и органы мочеполового аппарата.

У мужчин брюшина с прямой кишки переходит на семенные пузырьки и заднюю стенку мочевого пузыря и образует прямокишечно-пузырное углубление. У женщин брюшина с прямой кишки переходит на влагалище и заднюю стенку матки, образуя вначале прямокишечно-маточное, а затем пузырно-маточное углубление.

4.2.2. Физиология и регуляция процессов пищеварения

Начальным этапом обмена веществ является пищеварение. Для возобновления и роста тканей организма необходимо поступление с пищей соответствующих веществ. Пищевые продукты содержат белки, жиры и углеводы, а также необходимые организму витамины, минеральные соли и воду. Однако белки, жиры и углеводы, содержащиеся в пище, не могут быть усвоены его клетками в первоначальном виде. В пищеварительном тракте происходит не только механическая обработка пищи, но и химическое расщепление под воздействием ферментов пищеварительных желез, которые расположены по ходу желудочно-кишечного тракта.

Пищеварение в полости рта. В полости рта осуществляется гидролиз полисахаридов (крахмала, гликогена): α -амилаза слюны расщепляет гликозидные связи гликогена и молекул амилазы и амилапектина, которые входят в структуру крахмала, с образованием

декстринов. Действие осамилазы в полости рта кратковременное, однако гидролиз углеводов под ее влиянием продолжается и в желудке за счет поступающей сюда слюны. Если содержимое желудка обрабатывается под влиянием соляной кислоты, то осамилаза инактивируется и прекращает свое действие.

Пищеварение в желудке. В желудке происходит переваривание пищи под влиянием желудочного сока. Последний продуцируется неоднородными в морфологическом отношении клетками, которые входят в состав пищеварительных желез.

Секреторные клетки дна и тела желудка выделяют кислый и щелочной секрет, а клетки антрального отдела – только щелочной. У человека объем суточной секреции желудочного сока составляет 2–3 л. Натощак реакция желудочного сока нейтральная или слабокислая, после приема пищи – сильнокислая (рН 0,8–1,5). В состав желудочного сока входят такие ферменты, как пепсин, гастрин и липаза, а также значительное количество слизи – муцина.

В желудке происходит начальный гидролиз белков под влиянием протеолитических ферментов желудочного сока с образованием полипептидов. Здесь гидролизуется около 10 % пептидных связей. Вышеперечисленные ферменты активны только при соответствующем уровне НС1. Оптимальная величина рН для пепсина составляет 1,2–2,0; для гастринина – 3,2–3,5. Соляная кислота вызывает набухание и денатурацию белков, что облегчает дальнейшее расщепление их протеолитическими ферментами. Действие последних реализуется преимущественно в верхних слоях пищевой массы, прилегающих к стенке желудка. По мере переваривания этих слоев пищевая масса смещается в пилорический отдел, откуда после частичной нейтрализации перемещается в двенадцатиперстную кишку. В регуляции желудочной секреции главное место занимает ацетилхолин, гастрин, гистамин. Каждый из них возбуждает секреторные клетки.

Различают три фазы секреции: мозговую, желудочную и кишечную. Стимулом для появления секреции желудочных желез в *мозговой фазе* являются все факторы, которые сопровождают прием пищи. При этом условные рефлексy, возникающие на вид и запах пищи, сочетаются с безусловными рефлексами, которые образуются при жевании и глотании.

В *желудочной фазе* стимулы секреции возникают в самом желудке, при его растяжении, при воздействии на слизистую оболочку продуктов гидролиза белка, некоторых аминокислот, а также экстрактивных веществ мяса и овощей.

Влияние на железы желудка происходит и в *третьей, кишечной, фазе секреции*, когда в кишечник поступает недостаточно переработанное желудочное содержимое.

Секретин двенадцатиперстной кишки тормозит секрецию HCl, но повышает секрецию пепсиногена. Резкое торможение желудочной секреции возникает при поступлении в двенадцатиперстную кишку жиров.

Пищеварение в тонком кишечнике. У человека железы слизистой оболочки тонкой кишки образуют кишечный сок, общее количество которого за сутки достигает 2,5 л. Его рН составляет 7,2–7,5, но при усилении секреции может увеличиться до 8,6. Кишечный сок содержит более 20 различных пищеварительных ферментов. Значительное выделение жидкой части сока наблюдается при механическом раздражении слизистой оболочки кишки. Продукты переваривания пищевых веществ также стимулируют выделение сока, богатого ферментами. Кишечную секрецию стимулирует и вазоактивный интестинальный пептид.

В тонком кишечнике происходят два вида переваривания пищи: *полостное* и *мембранное (пристеночное)*. Первое осуществляется непосредственно кишечным соком, второе – ферментами, адсорбированными из полости тонкой кишки, а также кишечными ферментами, синтезируемыми в кишечных клетках и встроенными в мембрану. Начальные стадии пищеварения происходят исключительно в полости желудочно-кишечного тракта. Мелкие молекулы (олигомеры), образовавшиеся в результате полостного гидролиза, поступают в зону щеточной каймы, где происходит их дальнейшее расщепление. Вследствие мембранного гидролиза образуются преимущественно мономеры, которые транспортируются в кровь.

Таким образом, по современным представлениям, усвоение пищевых веществ осуществляется в три этапа: полостное пищеварение – мембранное пищеварение – всасывание. Последний этап включает процессы, которые обеспечивают перенос веществ из просвета тонкой кишки в кровь и лимфу. Всасывание происходит большей частью в тонком кишечнике. Общая площадь всасывающей

поверхности тонкой кишки составляет приблизительно около 200 м². За счет многочисленных ворсинок поверхность клетки увеличивается более чем в 30 раз. Через эпителиальную поверхность кишки вещества поступают в двух направлениях: из просвета кишки в кровь и одновременно из кровеносных капилляров в полость кишечника.

Физиология желчеобразования и выделения желчи. Процесс образования желчи происходит непрерывно как путем фильтрации ряда веществ (вода, глюкоза, электролиты и др.) из крови в желчные капилляры, так и при активной секреции гепатоцитами солей желчных кислот и ионов натрия.

Окончательное формирование желчи происходит в результате реабсорбции воды и минеральных солей в желчных капиллярах, протоках и желчном пузыре.

У человека в течение суток образуется 0,5–1,5 л желчи. Основными компонентами являются желчные кислоты, пигменты и холестерин. Кроме того, она содержит жирные кислоты, муцин, ионы (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, HCO₃⁻) и др.; pH печеночной желчи составляет 7,3–8,0, пузырной – 6,0–7,0.

Первичные желчные кислоты (холевая, хенодезоксихолевая) образуются в гепатоцитах из холестерина, соединяются с глицином или таурином и выделяются в виде натриевой соли гликохолевой и калиевой соли таурохолевой кислот. В кишечнике под влиянием микрофлоры они превращаются во вторичные желчные кислоты – дезоксихолевую и литохолевую. До 90 % желчных кислот активно реабсорбируется из кишечника в кровь и по портальным сосудам возвращается в печень. Желчные пигменты (билирубин, биливердин) – это продукты распада гемоглобина, они дают желчи характерную окраску.

Процесс образования желчи и ее выделения связан с пищей, секретинном, холецистокинином. Среди продуктов сильными возбудителями желчеотделения являются яичные желтки, молоко, мясо и жиры. Прием пищи и связанные с ним условно и безусловно-рефлекторные раздражители активируют желчевыделение. Вначале происходит первичная реакция: желчный пузырь расслабляется, а затем сокращается. Через 7–10 минут после приема пищи наступает период эвакуаторной деятельности желчного пузыря, который характеризуется чередованием сокращений и расслаблений и продолжается 3–6 ч. После окончания этого периода наступает торможение

сократительной функции желчного пузыря и в нем снова начинает накапливаться печеночная желчь.

Физиология поджелудочной железы. Поджелудочный сок представляет собой бесцветную жидкость. В течение суток поджелудочная железа человека вырабатывает 1,5–2,0 л сока; его рН составляет 7,5–8,8. Под влиянием ферментов поджелудочного сока происходит расщепление кишечного содержимого до конечных продуктов, пригодных для усвоения организмом. В активном состоянии секретируются α -амилаза, липаза, нуклеаза, а трипсиноген, химотрипсиноген, профосфолипаза А, проэластаза и прокарбокисипептидазы А и В – в виде проферментов. Трипсиноген в двенадцатиперстной кишке превращается в трипсин. Последний активизирует профосфолипазу А, проэластазу и прокарбокисипептидазы А и В, которые превращаются соответственно в фосфолипазу А, эластазу и карбокисипептидазы А и В.

Ферментный состав сока поджелудочной железы зависит от вида принимаемой пищи: при приеме углеводов возрастает преимущественно секреция амилазы; белков – трипсина и химотрипсина; жирной пищи – липазы. В состав сока поджелудочной железы входят бикарбонаты, хлориды Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} .

Секреция поджелудочной железы регулируется нервно-рефлекторным и гуморальным путями. Различают спонтанную (базальную) и стимулирующую секрецию. Первая обусловлена способностью клеток поджелудочной железы к автоматизму, вторая – влиянием на клетки нейрогуморальных факторов, которые включаются в процесс приемом пищи.

Основными стимуляторами экзокринных клеток поджелудочной железы являются ацетилхолин и гастроинтестинальные гормоны – холецистокинин и секретин. Они усиливают выделение ферментов и бикарбонатов поджелудочным соком. Поджелудочный сок начинает выделяться через 2–3 мин после начала принятия пищи в результате рефлекторного возбуждения железы с рецепторов ротовой полости. А затем воздействие желудочного содержимого на двенадцатиперстную кишку высвобождает гормоны холецистокинин и секретин, которые и определяют механизмы секреции поджелудочной железы.

Пищеварение в толстом кишечнике. Пищеварение в толстом кишечнике практически отсутствует. Низкий уровень ферментативной

активности связан с тем, что поступающий в этот отдел пищеварительного тракта химус беден неперевавшими пищевыми веществами. Однако толстая кишка в отличие от других отделов кишечника богата микроорганизмами. Под влиянием бактериальной флоры происходит разрушение остатков непереваванной пищи и компонентов пищеварительных секретов, в результате чего образуются органические кислоты, газы (CO_2 , CH_4 , H_2S) и токсичные для организма вещества (фенол, скатол, индол, крезол). Часть этих веществ обезвреживается в печени, другая – выводится с каловыми массами. Большое значение имеют ферменты бактерий, расщепляющие целлюлозу, гемицеллюлозу и пектины, на которые не действуют пищеварительные ферменты. Эти продукты гидролиза всасываются толстой кишкой и используются организмом. Наличие в кишечнике нормальной микрофлоры защищает организм человека и повышает иммунитет. Остатки непереваванной пищи и бактерии, склеенные слизью сока толстой кишки, образуют каловые массы. При определенной степени растяжения прямой кишки возникает позыв к дефекации и происходит произвольное опорожнение кишечника; рефлекторный произвольный центр дефекации находится в крестцовом отделе спинного мозга.

Всасывание. Продукты пищеварения проходят через слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и всасываются в кровь и лимфу при помощи транспорта и диффузии. Всасывание происходит главным образом в тонком кишечнике. Слизистая оболочка ротовой полости также обладает способностью к всасыванию, это свойство используется в применении некоторых лекарственных препаратов (валидол, нитроглицерин и др.). В желудке всасывание практически не происходит. В нем всасываются вода, минеральные соли, глюкоза, лекарственные вещества и др. В двенадцатиперстной кишке также происходит всасывание воды, минеральных веществ, гормонов, продуктов расщепления белка. В верхних отделах тонкого кишечника углеводы в основном всасываются в виде глюкозы, галактозы, фруктозы и других моносахаридов. Аминокислоты белков всасываются в кровь при помощи активного транспорта. Продукты гидролиза основных пищевых жиров (триглицериды) способны проникать через клетку кишечника (энтероцит) только после соответствующих физико-химических преобразований. Моноглицериды и жирные кислоты всасываются в энтероцитах только

после взаимодействия с желчными кислотами путем пассивной диффузии. Образовав с желчными кислотами комплексные соединения, они транспортируются главным образом в лимфу. Часть жиров может поступать непосредственно в кровь, минуя лимфатические сосуды. Всасывание жиров тесно связано с всасыванием жирорастворимых витаминов (А, D, Е, К). Витамины, растворимые в воде, могут всасываться методом диффузии (например, аскорбиновая кислота, рибофлавин). Фолиевая кислота усваивается в конъюгированном виде; витамин В₁₂ (цианокобаламин) – в подвздошной кишке при помощи внутреннего фактора, который образуется на теле и дне желудка.

В тонкой и толстой кишках происходит всасывание воды и минеральных солей, которые поступают с пищей и секретируются пищеварительными железами. Общее количество воды, которое всасывается в кишечнике человека в течение суток, составляет около 8–10 л, натрия хлорида – 1 моль. Транспорт воды тесно связан с транспортом ионов Na⁺ и определяется им.

Регуляция процессов пищеварения обеспечивается местным и центральным уровнями.

Местный уровень регуляции осуществляется нервной системой, которая представляет комплекс связанных между собой сплетений, расположенных в толще стенок желудочно-кишечного тракта. В их состав входят чувствительные (сенсорные), эффекторные и вставочные нейроны симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы. Кроме того, в желудочно-кишечном тракте находятся нейроны, вырабатывающие нейропептиды, которые влияют на процессы пищеварения. К ним относятся холецистокинин, гастринсвобождающий пептид, соматостатин, вазоактивный интестинальный пептид, энтерокалин и др. Вместе с нейронной сетью в желудочно-кишечном тракте находятся эндокринные клетки (диффузная эндокринная система), расположенные в эпителиальном слое слизистой оболочки и в поджелудочной железе. Они содержат гастроинтестинальные гормоны и другие биологически активные вещества и освобождаются при механическом и химическом воздействии пищи на эндокринные клетки просвета желудочно-кишечного тракта. Важную роль в регуляции функций желудочно-кишечного тракта играют и простогландины группы Е и F.

Центральный уровень регуляции пищеварительной системы включает ряд структур центральной нервной системы (спинного мозга и ствола мозга), которые входят в состав пищевого центра. Последний, кроме координирующей деятельности желудочно-кишечного тракта, осуществляет регуляцию пищевых отношений. В формировании целенаправленных пищевых отношений принимают участие гипоталамус, лимбическая система и кора головного мозга. Компоненты пищевого центра, несмотря на то что располагаются на разных уровнях центральной нервной системы, имеют функциональную связь. Действие пищевого центра многостороннее. За счет его активности формируется пищедобывающее поведение (пищевая мотивация), при этом происходит сокращение скелетной мускулатуры (необходимо найти пищу и приготовить ее).

Пищевой центр регулирует моторную, секреторную и всасывающую активность желудочно-кишечного тракта. Функция пищевого центра обеспечивает появление сложных субъективных ощущений, таких как голод, аппетит, чувство сытости.

5. ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ДЫХАНИЯ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА

5.1. Роль и место системы крово- и лимфообращения в поддержании жизнедеятельности организма

Выполняя одну из главных функций – транспортную, – сердечно-сосудистая система обеспечивает ритмичное течение физиологических и биохимических процессов в организме человека. К тканям и органам по кровеносным сосудам доставляются все необходимые вещества (белки, углеводы, кислород, витамины, минеральные соли) и отводятся продукты обмена веществ и углекислый газ. Кроме того, с током крови по сосудам разносятся в органы и ткани выработанные эндокринными железами гормональные вещества, которые являются специфическими регуляторами обменных процессов, антитела, необходимые для защитных реакций организма против инфекционных заболеваний. Таким образом, сосудистая система выполняет еще и регуляторную, и защитную функции. В содружестве с нервной и гуморальной системами сосудистая система играет важную роль в обеспечении целостности организма.

Сосудистая система делится на кровеносную и лимфатическую. Эти системы анатомически и функционально тесно связаны, дополняют одна другую, но между ними есть определенные различия. Кровь в организме движется по кровеносной системе. Кровеносная система состоит из центрального органа кровообращения – сердца, ритмические сокращения которого дают движение крови по сосудам.

Строение артерий, вен и капилляров. Сосуды, которые несут кровь от сердца к органам и тканям, называются *артериями*, а сосуды, несущие кровь от периферии к сердцу – *венами*.

Артериальная и венозная части сосудистой системы соединяются между собой *капиллярами*, через стенки которых происходит обмен веществ между кровью и тканями.

Артерии, питающие стенки тела, называются *париетальными (пристеночными)*, артерии внутренних органов – *висцеральными (внутренностными)*.

По топографическому принципу артерии делятся на внеорганные и внутриорганные. Строение внутриорганных артерий зависит

от развития, строения и функции органа. В органах, которые в период развития закладываются общей массой (легкие, печень, почки, селезенка, лимфатические узлы), артерии входят в центральную часть органа и дальше разветвляются соответственно долям, сегментам и долькам. В органах, которые закладываются в виде трубки (пищеводный тракт, выводные протоки мочеполовой системы, головной и спинной мозг), ветви артерий имеют кольцевидное и продольное направление в ее стенке.

Различают магистральный и рассыпной тип ветвления артерий. При *магистральном типе ветвления* имеются основной ствол и отходящие от артерии боковые ветви с постепенно уменьшающимся диаметром. *Рассыпной тип ветвления* артерии характеризуется тем, что основной ствол делится на большое количество конечных ветвей.

Артерии, обеспечивающие окольный ток крови, в обход основного пути, называются *коллатеральными*. Выделяют межсистемные и внутрисистемные анастомозы. Первые образуют соединения между ветвями разных артерий, вторые – между ветвями одной артерии.

Внутриорганные сосуды последовательно делятся на артерии 1–5-го порядка, образуя микроскопическую систему сосудов – *микроциркуляторное русло*. Оно формируется из артериолы, прекапиллярной артериолы, или прекапилляров, капилляров, посткапиллярных венул или посткапилляров и венул. Из внутриорганных сосудов кровь поступает в артериолы, которые образуют в тканях органов богатые кровеносные сети. Затем артериолы переходят в более тонкие сосуды – *прекапилляры*, диаметр которых составляет 40–50 мкм, а последние – в более мелкие – *капилляры* с диаметром от 6 до 40 мкм и толщиной стенки 1 мкм. В легких, головном мозге, гладких мышцах расположены наиболее узкие капилляры, а в железах – широкие. Наиболее широкие капилляры (синусы) наблюдаются в печени, селезенке, костном мозге и лакунах пещеристых тел долевых органов.

В капиллярах кровь течет с небольшой скоростью (0,5–1,0 мм/с), имеет низкое давление (до 15 мм рт. ст.). Это связано с тем, что в стенках капилляров происходит наиболее интенсивный обмен веществ между кровью и тканями. Капилляры находятся во всех органах, кроме эпителия кожи и серозных оболочек, эмали зубов и дентина, роговицы, клапанов сердца и др. Соединяясь между собой, капилляры образуют капиллярные сети, особенности которых зависят от строения и функции органа.

Пройдя через капилляры, кровь поступает в посткапиллярные вены, а затем в вены, диаметр которых равен 40 мкм. Из венул начинается формирование внутриорганных вен 1–5-го порядка, которые затем впадают во внеорганные вены. В кровеносной системе встречается и прямой переход крови из артериол в вены – *артериоло-венулярные анастомозы*. Общая вместимость венозных сосудов в 3–4 раза больше, чем артерий. Это связано с давлением и небольшой скоростью крови в венах, компенсируемых объемом венозного русла.

Вены являются депо для венозной крови. В венозной системе находится около 2/3 всей крови организма. Внеорганные венозные сосуды, соединяясь между собой, образуют самые крупные венозные сосуды тела человека – верхнюю и нижнюю полые вены, которые входят в правое предсердие.

Артерии по строению и функциональному назначению отличаются от вен. Так, стенки артерий оказывают сопротивление давлению крови, более эластичны и растяжимы. Благодаря этим качествам ритмичный ток крови становится непрерывным. В зависимости от диаметра артерии делятся на крупные, средние и мелкие.

Стенка артерий состоит из внутренней, средней и наружной оболочек. Внутренняя оболочка образована эндотелием, базальной мембраной и подэндотелиальным слоем. Средняя оболочка состоит главным образом из гладких мышечных клеток кругового (спирального) направления, а также из коллагеновых и эластических волокон. Наружная оболочка построена из рыхлой соединительной ткани, которая содержит коллагеновые и эластические волокна и выполняет защитную, изолирующую и фиксирующую функции, имеет сосуды и нервы. Во внутренней оболочке отсутствуют собственные сосуды, она получает питательные вещества непосредственно из крови.

В зависимости от соотношения тканевых элементов в стенке артерии делятся на эластический, мышечный и смешанный типы. К *эластическому типу* относятся аорта и легочный ствол. Эти сосуды могут сильно растягиваться во время сокращения сердца. *Артерии мышечного типа* находятся в органах, изменяющих свой объем (кишечник, мочевой пузырь, матка, артерии конечностей). К *смешанному типу (мышечно-эластическому)* относятся сонная, подключичная, бедренная и другие артерии. По мере отдаления

от сердца в артериях уменьшается количество эластических элементов и повышается число мышечных, возрастает способность к изменению просвета. Поэтому мелкие артерии и артериолы являются главными регуляторами кровотока в органах.

Стенка капилляров тонкая, состоит из одного слоя эндотелиальных клеток, расположенных на базальной мембране, обуславливая ее обменные функции.

Стенка вен, как и артерий, имеет три оболочки: внутреннюю, среднюю и наружную.

Просвет вен несколько больше, чем у артерий. Внутренний слой выстлан слоем эндотелиальных клеток, средний слой относительно тонкий и содержит мало мышечных и эластических элементов, поэтому вены на разрезе спадаются. Наружный слой представлен хорошо развитой соединительнотканной оболочкой. По всей длине вен расположены попарно клапаны, которые препятствуют обратному току крови. Клапанов больше в поверхностных венах, чем в глубоких, в венах нижних конечностей, чем в венах верхних конечностей. Давление крови в венах низкое, пульсация отсутствует.

В зависимости от топографии и положения в теле и органах вены делятся на поверхностные и глубокие. На конечностях глубокие вены попарно сопровождают одноименные артерии. Название глубоких вен аналогично названию артерий, к которым они прилегают (плечевая артерия – плечевая вена и т. д.). Поверхностные вены соединяются с глубокими при помощи проникающих вен, которые выполняют роль анастомозов. Часто соседние вены, соединившись между собой многочисленными анастомозами, образуют венозные сплетения на поверхности или в стенках ряда внутренних органов (мочевой пузырь, прямая кишка). Между крупными венами (верхняя и нижняя полые вены, воротная вена) находятся межсистемные венозные анастомозы – кавокавальный, портокавальный, которые являются коллатеральными путями тока венозной крови в обход основных вен.

Расположение сосудов тела человека соответствует определенным закономерностям: общему типу строения организма человека, наличию осевого скелета, симметрии тела, наличию парных конечностей, асимметрии большинства внутренних органов. Обычно артерии направляются к органам кратчайшим путем и подходят

к ним с внутренней их стороны (через ворота). На конечностях артерии идут по сгибающейся поверхности, образуют вокруг суставов артериальные сети. На костной основе скелета артерии идут параллельно костям, например межреберные артерии проходят рядом с ребрами, аорта – с позвоночником.

В стенках сосудов находятся нервные волокна, связанные с рецепторами, которые воспринимают изменения состава крови и стенки сосуда. Особенно много рецепторов в аорте, сонном синусе, легочном стволе.

Регуляцию кровообращения как в организме в целом, так и в отдельных органах в зависимости от их функционального состояния осуществляют нервная и эндокринная системы.

Образование, состав и свойства лимфы. Лимфатическая система функционально тесно связана с системой кровообращения, представлена капиллярами, сосудами, стволами (протоками) и узлами. Являясь частью внутренней среды, лимфа выполняет барьерную, иммунную, выделительную и другие функции. Отток лимфы обеспечивается теми же факторами, которые определяют отток венозной крови – присасывающей функцией сердца, грудной клетки, работой мышц.

Механизм образования лимфы основан на процессах фильтрации, диффузии и осмоса, разности гидростатического давления крови в капиллярах и межтканевой жидкости. Среди этих факторов большое значение имеет проницаемость лимфатических капилляров. Существуют два пути, по которым различного размера частицы проходят через стенку лимфатических капилляров в их просвет, – межклеточный и через эндотелий. Первый путь основан на том, что через межклеточные щели проходят крупнодисперсные частицы (от 10 нм до 10 мкм). Второй путь транспорта веществ в лимфатический капилляр основан на их непосредственном проходе через цитоплазму эндотелиальных клеток при помощи микропинцитозных пузырьков и везикул (пиноцитоз). Эти оба пути действуют одновременно.

Кроме разницы гидростатического давления в кровеносных капиллярах и тканях, значительная роль в лимфообразовании принадлежит онкотическому давлению. Повышение гидростатического давления крови способствует лимфообразованию, а повышение

онкотического давления крови препятствует этому. Процесс фильтрации жидкости из крови происходит в артериальном конце капилляра, и жидкость возвращается уже в венозное русло. Это связано с разницей давления в артериальном и венозном концах капилляра. Проницаемость стенок лимфокапилляров может изменяться в связи с различным функциональным состоянием органа, влиянием некоторых веществ типа гистамина, пептидов и др. Она зависит также от механических, химических, нервных и гуморальных факторов, поэтому постоянно изменяется.

Лимфа – бесцветная жидкость, по составу напоминает плазму крови. Количество лимфы в организме человека составляет 1500 мл, однако ее содержание в органах различное и соответствует их функции. Так, на 1 кг массы печени приходится 21–36 мл лимфы, сердца – 5–18, селезенки – 3–12, мышц конечностей – 2–3 мл. Высокое содержание лимфы в печени объясняется ее участием в транспорте питательных веществ из кишечника.

5.2. Физиология и регуляция деятельности сердечно-сосудистой и лимфатической систем

Физиологические особенности сердечной мышцы. К основным особенностям сердечной мышцы относятся автоматия, возбудимость, проводимость, сократимость, рефрактерность.

Автоматия сердца – способность к ритмическому сокращению миокарда под влиянием импульсов, которые появляются в самом органе.

В состав сердечной поперечнополосатой мышечной ткани входят типичные сократительные мышечные клетки – *кардиомиоциты* и атипичические сердечные *миоциты (пейсмекеры)*, формирующие проводящую систему сердца, которая обеспечивает автоматизм сердечных сокращений и координацию сократительной функции миокарда предсердий и желудочков сердца. Первый синусно-предсердный узел проводящей системы является главным центром автоматизма сердца – пейсмекером первого порядка. От этого узла возбуждение распространяется на рабочие клетки миокарда предсердий и по специальным внутрисердечным проводящим пучкам

достигает второго узла – *предсердно-желудочкового (атриовентрикулярного)*, который также способен генерировать импульсы. Этот узел является пейсмейкером второго порядка. Возбуждение через предсердно-желудочковый узел в нормальных условиях возможно только в одном направлении. Ретроградное проведение импульсов невозможно.

Третий уровень, который обеспечивает ритмичную деятельность сердца, расположен в пучке Гиса и волокнах Пуркине.

Центры автоматики, расположенные в проводящей системе желудочков, называются пейсмейкерами третьего порядка. В обычных условиях частоту активности миокарда всего сердца в целом определяет синусно-предсердный узел. Он подчиняет себе все нижележащие образования проводящей системы, навязывает свой ритм.

Необходимым условием для обеспечения работы сердца является анатомическая целостность его проводящей системы. Если в пейсмейкере первого порядка возбудимость не возникает или блокируется его передача, роль водителя ритма берет на себя пейсмейкер второго порядка. Если же передача возбудимости к желудочкам невозможна, они начинают сокращаться в ритме пейсмейкеров третьего порядка. При поперечной блокаде предсердия желудочки сокращаются каждый в своем ритме, а повреждение водителей ритма приводит к полной остановке сердца.

Возбудимость сердечной мышцы возникает под влиянием электрических, химических, термических и других раздражителей мышцы сердца, которая способна переходить в состояние возбуждения. В основе этого явления лежит отрицательный электрический потенциал в первоначальном возбужденном участке. Как и в любой возбудимой ткани, мембрана рабочих клеток сердца поляризована. Снаружи она заряжена положительно, а внутри отрицательно. Это состояние возникает в результате разной концентрации Na^+ и K^+ по обе стороны мембраны, а также в результате разной проницаемости мембраны для этих ионов. В состоянии покоя через мембрану кардиомиоцитов не проникают ионы Na^+ , а только частично проникают ионы K^+ . Вследствие диффузии ионы K^+ , выходя из клетки, увеличивают положительный заряд на ее поверхности. Внутренняя сторона мембраны при этом становится отрицательной. Под влиянием раздражителя любой природы

в клетку поступает Na^+ . В этот момент на поверхности мембраны возникает отрицательный электрический заряд и развивается реверсия потенциала. Амплитуда потенциала действия для сердечных мышечных волокон составляет около 100 мВ и более. Возникший потенциал деполяризует мембраны соседних клеток, в них появляются собственные потенциалы действия – происходит распространение возбуждения по клеткам миокарда.

Потенциал действия клетки рабочего миокарда во много раз продолжительнее, чем в скелетной мышце. Во время развития потенциала действия клетка не возбуждается на очередные стимулы. Эта особенность важна для функции сердца как органа, так как миокард может отвечать только одним потенциалом действия и одним сокращением на повторные его раздражения. Все это создает условия для ритмичного сокращения органа.

Таким образом, происходит распространение возбуждения в целом органе. Этот процесс одинаков в рабочем миокарде и в водителях ритма. Возможность вызвать возбуждение сердца электрическим током нашла практическое применение в медицине. Под влиянием электрических импульсов, источником которых являются электростимуляторы, сердце начинает возбуждаться и сокращаться в заданном ритме. При нанесении электрических раздражений независимо от величины и силы раздражения работающее сердце не ответит, если это раздражение будет нанесено в период систолы, что соответствует времени абсолютного рефракторного периода. А в период диастолы сердце отвечает новым внеочередным сокращением – экстрасистолой, после которой возникает продолжительная пауза, называемая компенсаторной.

Проводимость сердечной мышцы заключается в том, что волны возбуждения проходят по ее волокнам с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8–1,0 м/с, по волокнам мышц желудочков – 0,8–0,9 м/с, а по специальной ткани сердца – 2,0–4,2 м/с. По волокнам скелетной мышцы возбуждение распространяется со скоростью 4,7–5,0 м/с.

Сократимость сердечной мышцы имеет свои особенности в результате строения органа. Первыми сокращаются мышцы предсердий, затем сосочковые мышцы и субэндокардиальный слой мышц желудочков. Далее сокращение охватывает и внутренний слой

желудочков, которое обеспечивает тем самым движение крови из полостей желудочков в аорту и легочный ствол.

Изменения сократительной силы мышцы сердца, возникающие периодически, осуществляются при помощи двух механизмов саморегуляции: гетерометрического и гомеометрического.

В основе *гетерометрического механизма* лежит изменение исходных размеров длины волокон миокарда, которое возникает при изменении притока венозной крови: чем сильнее сердце расширено во время диастолы, тем оно сильнее сокращается во время систолы (закон Франка–Старлинга). Объясняется этот закон следующим образом. Сердечное волокно состоит из двух частей: сократительной и эластической. Во время возбуждения первая сокращается, а вторая растягивается в зависимости от нагрузки.

Гомеометрический механизм основан на непосредственном действии биологически активных веществ (таких, как адреналин) на метаболизм мышечных волокон, выработку в них энергии. Адреналин и норадреналин увеличивают вход Ca^{2+} в клетку в момент развития потенциала действия, вызывая тем самым усиление сердечных сокращений.

Рефрактерность сердечной мышцы характеризуется резким снижением возбудимости ткани на протяжении ее активности. Различают абсолютный и относительный рефракторный период. В абсолютном рефракторном периоде, при нанесении электрических раздражений, сердце не ответит на них раздражением и сокращением. Период рефрактерности продолжается столько, сколько продолжается систола. Во время относительного рефракторного периода возбудимость сердечной мышцы постепенно возвращается к первоначальному уровню. В этот период сердечная мышца может ответить на раздражитель сокращением сильнее порогового. Относительный рефракторный период обнаруживается во время диастолы предсердий и желудочков сердца. После фазы относительной рефрактерности наступает период повышенной возбудимости, который по времени совпадает с диастолическим расслаблением и характеризуется тем, что мышца сердца отвечает вспышкой возбуждения и на импульсы небольшой силы.

Сердечный цикл. Сердце здорового человека сокращается ритмично в состоянии покоя с частотой 60–70 ударов в минуту.

Период, который включает одно сокращение и последующее расслабление, составляет *сердечный цикл*. Частота сокращений выше 90 ударов называется тахикардией, а ниже 60 – брадикардией. При частоте сокращения сердца 70 ударов в минуту полный цикл сердечной деятельности продолжается 0,80–0,86 с.

Сокращение сердечной мышцы называется *систолой*, расслабление – *диастолой*. Сердечный цикл имеет три фазы: систолы предсердий, систолы желудочков и общую паузу. Началом каждого цикла считается *систола предсердий*, продолжительность которой 0,10–0,16 с. Во время систолы в предсердиях повышается давление, что ведет к выбрасыванию крови в желудочки. Последние в этот момент расслаблены, створки атриовентрикулярных клапанов свисают, и кровь свободно переходит из предсердий в желудочки.

После окончания систолы предсердий начинается *систола желудочков* продолжительностью 0,3 с. Во время систолы желудочков предсердия уже расслаблены. Как и предсердия, оба желудочка – правый и левый – сокращаются одновременно.

Систола желудочков начинается с сокращений их волокон, возникшего в результате распространения возбуждения по миокарду. Этот период короткий. В данный момент давление в полостях желудочков еще не повышается. Оно начинает резко возрастать, когда возбудимость охватываются все волокна, и достигает в левом предсердии 70–90 мм рт. ст., а в правом – 15–20 мм рт. ст. В результате повышения внутрижелудочкового давления атриовентрикулярные клапаны быстро закрываются. В этот момент полулунные клапаны тоже еще закрыты и полость желудочка остается замкнутой, объем крови в нем постоянный. Возбуждение мышечных волокон миокарда приводит к возрастанию давления крови в желудочках и увеличению в них напряжения. Появление сердечного толчка в V левом межреберье обусловлено тем, что при повышении напряжения миокарда левый желудочек (сердца) принимает округлую форму и производит удар о внутреннюю поверхность грудной клетки.

Если давление крови в желудочках превышает давление в аорте и легочной артерии, полулунные клапаны открываются, их створки прижимаются к внутренним стенкам и наступает *период изгнания* (0,25 с). В начале периода изгнания давление крови в полости желудочков продолжает увеличиваться и достигает примерно

130 мм рт. ст. в левом и 25 мм рт. ст. в правом. В результате этого кровь быстро вытекает в аорту и легочный ствол, объем желудочков быстро уменьшается. Это *фаза быстрого изгнания*. После открытия полулунных клапанов выброс крови из полости сердца замедляется, сокращение миокарда желудочков ослабевает и наступает *фаза медленного изгнания*. С падением давления полулунные клапаны закрываются, затрудняя обратный ток крови из аорты и легочной артерии, миокард желудочков начинает расслабляться. Снова наступает короткий период, во время которого еще закрыты клапаны аорты и не открыты атриовентрикулярные. Если же давление в желудочках будет немного меньше, чем в предсердиях, тогда раскрываются атриовентрикулярные клапаны и происходит наполнение кровью желудочков, которая снова будет выброшена в очередном цикле, и наступает диастола всего сердца. Диастола продолжается до очередной систолы предсердий. Эта фаза называется *общей паузой* (0,4 с). Затем цикл сердечной деятельности повторяется.

Электрические явления в сердце. Электрокардиограмма. Появление электрических потенциалов в сердечной мышце связано с движением ионов через клеточную мембрану. Основную роль при этом играют катионы натрия и калия. Известно, что внутри клетки калия значительно больше, чем в околклеточной жидкости, концентрация внутриклеточного натрия, наоборот, значительно меньше, чем околклеточного. В состоянии покоя наружная поверхность клетки миокарда имеет положительный заряд в результате перевеса катионов натрия; внутренняя поверхность клеточной мембраны имеет отрицательный заряд в связи с перевесом внутри клетки анионов (Cl^- , HCO^{-3} и др.). В этих условиях клетка поляризована. Под влиянием внешнего электрического импульса клеточная мембрана становится проницаемой для катионов натрия, которые направляются внутрь клетки, и переносит туда свой положительный заряд. Наружная поверхность данного участка клетки приобретает отрицательный заряд в связи с перевесом там анионов. Этот процесс называется *деполяризацией* и связан с потенциалом действия. Скоро вся наружная поверхность клетки снова приобретает отрицательный заряд, а внутренняя – положительный. Таким образом, происходит *обратная поляризация*. Если выход калия из клетки превышает поступление натрия в клетку, тогда наружная поверхность мембраны снова постепенно приобретает положительный

заряд, а внутренняя – отрицательный. Этот процесс называется *реполяризацией*. Вышеперечисленные процессы происходят во время систолы. Если вся наружная поверхность снова приобретает положительный заряд, а внутренняя – отрицательный, то это соответствует диастоле. Во время диастолы происходят постепенные обратные движения ионов калия и натрия, которые мало влияют на заряд клетки, поскольку ионы натрия выходят из клетки, а ионы калия входят в нее одновременно. Эти процессы уравнивают друг друга.

Вышеназванные процессы относятся к возбуждению единичного мышечного волокна миокарда. Возникнув при деполяризации, импульс вызывает возбуждение соседних участков миокарда, которое постепенно охватывает весь миокард, и развивается по типу цепной реакции. Возбуждение сердца начинается в синусном узле. Затем от синусного узла процесс возбуждения распространяется на предсердия по предсердным проводящим путям. От предсердий оно идет к атриовентрикулярному узлу, где происходит задержка импульса в связи с его более медленным проведением в этом участке. Обогнув атриовентрикулярное соединение, возбуждение переходит на ствол пучка Гиса, а затем на его разветвление – на правую и левую ножки. Последние образуют сеть волокон Пуркине, которые широко анастомозируют друг с другом.

Электрокардиограмма (ЭКГ) представляет собой запись суммарного электрического потенциала, появившегося при возбуждении множества миокардиальных клеток, а метод исследования называется *электрокардиографией*.

Для регистрации ЭКГ у человека применяют три стандартных биполярных отведения – расположение электродов на поверхности тела. Первое отведение – на правой и левой руках, второе – на правой руке и левой ноге, третье – на левой руке и левой ноге. Кроме стандартных отведений, применяют отведения от других точек грудной клетки в области расположения сердца, а также однополюсные, или униполярные, отведения.

Типовая ЭКГ человека состоит из пяти положительных и отрицательных колебаний – *зубцов*, соответствующих циклу сердечной деятельности. Их обозначают латинскими буквами *P, Q, R, S, T*, а грудные отведения (перикардиальные) – *V (V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆)*. Три зубца (*P, R, T*) направлены вверх (положительные зубцы), а два

(*Q*, *S*) – вниз (отрицательные зубцы). Зубец *P* отражает период возбуждения предсердий, продолжительность его равна 0,08–0,10 с. Сегмент *P–Q* соответствует проведению возбуждения через предсердно-желудочковый узел к желудочкам. Он продолжается 0,12–0,20 с. Зубец *Q* отражает деполяризацию межжелудочковой перегородки. Зубец *R* – самый высокий в ЭКГ, он представляет собой деполяризацию верхушки сердца, задней и боковой стенок желудочков. Зубец *S* отражает охват возбуждением основания желудочков, зубец *T* – процесс быстрой реполяризации желудочков. Комплекс *QRS* совпадает с реполяризацией предсердий. Его продолжительность составляет 0,06–0,10 с. Комплекс *QRST* обусловлен появлением и распространением возбуждения в миокарде желудочков, поэтому его называют желудочковым комплексом. Общая продолжительность *QRST* приблизительно равна 0,36 с. Условная линия, которая соединяет две точки ЭКГ с наибольшей разностью потенциалов, называется электрической осью сердца.

Электрокардиография в диагностике заболеваний сердца дает возможность детально исследовать изменения сердечного ритма, возникновение дополнительного очага возбуждения при появлении экстрасистол, нарушение проводимости возбуждения по проводящей системе сердца, ишемию, инфаркт миокарда.

Основные процессы гемодинамики. Кровяное давление.

Пульс. Движение крови по сердечно-сосудистой системе определяется процессами гемодинамики, которые отражают физические явления движения жидкости в замкнутых сосудах. Гемодинамика определяется двумя факторами: давлением на жидкость и сопротивлением, испытываемым при трении о стенки сосудов и вихревых движениях.

Силой, образующей давление в сосудистой системе, является сердце. У взрослого человека в сосудистую систему при каждом сокращении сердца выбрасывается 60–70 мл крови (систолический объем) или 4–5 л/мин (минутный объем). Сила, движущая кровь, – разность давлений, возникающая в начале и в конце трубки. Движение крови по сосудистой системе носит ламинарный характер (движение крови отдельными слоями параллельно оси сосуда). При этом слой, прилегающий к стенке сосуда, практически остается неподвижным, по слою скользит второй, по второму – третий и т. д. Форменные элементы крови составляют центральный осевой

поток; плазма движется ближе к стенкам. Известно, что чем меньше диаметр сосуда, тем ближе располагаются центральные слои крови к стенкам и тем больше торможение. Это означает, что в мелких сосудах скорость кровотока ниже, чем в крупных. Так, в аорте она составляет 50 см/с, в артериях – 30, в капиллярах – 0,5–1,0, венах – 5–14, в полой вене – 20 см/с.

Кроме ламинарного, в сосудистой системе существует турбулентное давление с характерным завихрением крови. Ее частицы движутся не только параллельно оси сосуда, но и перпендикулярно ей. Основная кинетическая энергия, необходимая для движения крови, дается сердцем во время систолы. Одна часть энергии идет на проталкивание крови, другая – превращается в потенциальную, которая необходима для растяжения во время систолы стенок аорты, крупных и средних сосудов. Во время диастолы энергия стенок аорты и сосудов переходит в кинетическую, способствуя движению крови по сосудам.

Сосуды способны также активно реагировать на изменения в них кровяного давления. При повышении давления гладкие мышцы стенок сокращаются и диаметр сосудов уменьшается. Таким образом, пульсирующий ток крови, благодаря особенностям аорты и крупных сосудов, выравнивается и становится относительно беспрерывным. В норме отток крови от сердца соответствует ее притоку. Это означает, что объем крови, протекающий за единицу времени через всю артериальную и всю венозную системы большого и малого кругов кровообращения, одинаков.

Скорость кровотока в сосудистом русле разная и зависит от общей суммы площади просветов сосудов этого калибра на данном участке тела. Наименьшее сечение у аорты, а скорость движения крови в ней самая большая – 50–70 см/с. Наибольшей суммарной площадью поперечного сечения обладают капилляры – в 800 раз больше, чем у аорты. Соответственно и скорость крови в них около 0,05 см/с. В артериях она составляет 20–40 см/с, в артериолах – 0,5 см/с.

Уровень *артериального давления* состоит из трех главных факторов, таких, как нагнетающая сила сердца, периферическое сопротивление сосудов, объем и вязкость крови. Однако главным из них является работа сердца. При каждой систоле и диастоле в артериях кровяное давление колеблется. Подъем его во время систолы характеризуется как систолическое (максимальное) давление. Падение

давления во время диастолы соответствует диастолическому (минимальному) давлению. Его величина зависит главным образом от периферического сопротивления кровотоку и частоты сердечных сокращений. Разницу между систолическим и диастолическим давлением называют *пульсовым давлением*.

Повышение артериального давления по сравнению с нормой называется *артериальной гипертензией*, понижение – *артериальной гипотензией*.

Периферическое сопротивление – это второй фактор, который определяет давление и зависит от диаметра мелких артерий и артериол. Изменение просвета артерий ведет соответственно к повышению систолического и диастолического давления, ухудшению местного кровообращения.

Объем и вязкость крови – третий фактор, от которого зависит уровень артериального давления. Значительная кровопотеря ведет к снижению кровяного давления, а переливание большого количества крови повышает артериальное давление.

Величина артериального давления зависит и от возраста. У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых, потому что стенки сосудов более эластичны.

В норме систолическое (максимальное) давление у здорового человека составляет 110–120 мм рт. ст., а диастолическое (минимальное) – 70–80 мм рт. ст.

Величина кровяного давления служит важной характеристикой деятельности сердечно-сосудистой системы.

Кровяное давление определяют двумя способами: прямым (кровенавым), который применяется в экспериментах на животных, и косвенным (бескровным), с помощью сфигмоманометра Рива-Роччи и прослушиванием сосудистых звуков в артерии ниже манжеты (метод И. С. Короткова).

Под *пульсом* понимают периодические колебания стенки сосудов, связанные с динамикой их кровенаполнения и давления в них на протяжении одного сердечного цикла. В момент изгнания крови из сердца давление в аорте повышается и волна этого давления распространяется вдоль артерий до капилляров, где пульсовая волна угасает. Соответственно пульсирующим изменениям давления пульсирующий характер приобретает и движение крови по артериям: ускорение кровотока во время систолы и замедление во время

диастолы. Амплитуда пульсовой волны затихает по мере движения от центра к периферии. Скорость распространения пульсовой волны в аорте человека составляет 5,5–8,0 м/с, в крупных артериях – 6,0–9,5 м/с.

Пульс можно определять непосредственным прощупыванием через кожу пульсирующей артерии (височной, лучевой, тыльной артерии стопы и др.). В клинике при исследовании пульса обращают внимание на следующие его свойства: частоту, ритм, напряжение, наполнение, величину и форму пульсовой волны. В норме число пульсовых колебаний в 1 минуту у взрослого человека составляет 70–80 ударов. Уменьшение частоты пульса называется *брадикардией*, учащение – *тахикардией*. Частота пульса зависит от пола, возраста, физической нагрузки, температуры тела и др. Ритм пульса определяется деятельностью сердца и бывает ритмичным и аритмичным. *Напряжение пульса* характеризуется силой, которую надо приложить, чтобы сдавить артерию до полного исчезновения пульса. *Наполнение* – это степень изменения объема артерии, устанавливаемая по силе пульсового удара. Для более детального изучения пульса используют сфигмограф. Кривая, полученная при записи пульсовых колебаний, называется сфигмограммой. На сфигмограмме аорты и крупных артерий различают начальный резкий подъем кривой – *анакроту*. Этот подъем связан с открытием полулунных клапанов, когда кровь с силой выталкивается в аорту и растягивает ее стенки. Спад пульсовой кривой называется *катакротой*. Она возникает в конце систолы желудочка, когда давление в нем начинает падать. Пульсирующий характер крови имеет большое значение для регуляции кровообращения в целом.

Регуляция системы кровообращения осуществляется в первую очередь за счет изменений минутного объема крови и сопротивления регионарных отделов сосудистой системы. Механизмы, регулирующие кровообращение, условно делят на местные (периферические, или регионарные) и центральные (нейрогуморальные). Первые регулируют кровоток в органах и тканях в соответствии с их функциями и метаболизмом, вторые – системную гемодинамику при адаптационных реакциях организма.

В основе местных механизмов лежит тот факт, что образовавшиеся в процессе обмена веществ продукты способны расширять прекапиллярные артерии и увеличивать в соответствии с деятельностью органа количество открытых функционирующих клапанов.

Большая роль в приспособлении сердечно-сосудистой системы к оптимальному обеспечению кровью органов и тканей принадлежит нервным и гуморальным факторам. Эта регуляция осуществляется сложным механизмом, который включает чувствительные, центральные и эфферентные цепи.

Чувствительная иннервация сосудов представлена главным образом разветвленными нервными окончаниями (ангиорецепторами). Последние по своей функции делятся на барорецепторы и хеморецепторы. Первые реагируют на изменения артериального давления, скорость и степень растяжения стенки сосуда пульсовыми колебаниями кровяного давления, вторые – на изменения химического состава крови.

Ангиорецепторы расположены по всей сосудистой системе и составляют единое рецепторное поле. Но больше всего их в главных рефлексогенных зонах (аортальной, синокаротидной), в сосудах легочного круга кровообращения. Раздражение аортальной зоны приводит не только к снижению давления в аорте, но и вызывает сужение сосудов, стимулирует деятельность сердца и повышение общего артериального давления. Поддержание постоянного давления в аорте осуществляется авторегуляторными механизмами, основанными на принципе обратной связи.

Хеморецепторы реагируют на изменения концентрации в крови O_2 , CO_2 , H^+ . Их возбуждение может возникнуть под влиянием некоторых органических и неорганических веществ.

Центральные механизмы, регулирующие поддержание артериального давления, осуществляются за счет совокупности нервных структур, называемых вазомоторным центром. Структуры, относящиеся к вазомоторному центру, локализируются в спинном и продолговатом мозге, гипоталамусе и в коре головного мозга.

Нервные механизмы являются первым компонентом регуляции при участии симпатических нейронов, которые находятся в грудном и поясничном отделах спинного мозга и в паравертебральных ганглиях (узлах). Вторым компонентом служат парасимпатические нейроны ядра блуждающего нерва, который находится в продолговатом мозге. Эндокринный механизм регуляции сердечно-сосудистой системы включает мозговую и корковую слои надпочечников, гипофиз, юкстагломерулярный аппарат почек.

Адреналин (гормон надпочечников) из всех гормонов обладает наиболее резким сосудистым действием. Он суживает сосуды кожи, органов пищеварения, почек, легких, но расширяет сосуды скелетных мышц, гладкой мускулатуры бронхов; способствует повышению кровотока через скелетные мышцы, мозг, сердце при физической нагрузке и эмоциональном напряжении.

Альдостерон обладает большой способностью усиливать обратное всасывание натрия в почках, слюнных железах, пищеварительной системе, изменяя таким образом чувствительность сосудов к влиянию адреналина и норадреналина.

Вазопрессин – гормон задней доли гипофиза. Он сужает артерии и артериолы органов брюшной полости и легких, но расширяет сосуды мозга и сердца, что способствует улучшению питания и мозговой ткани, и сердечной мышцы, стимулирует сокращение мышцы матки, регулирует водно-солевой обмен и др.

Ренин – фермент юкстагломерулярного аппарата почек, превращается с участием глобулинов крови в ангиотензин II и обладает сильным сосудосуживающим действием, большим, чем норадреналин, но не вызывает выброса крови из депо. Считают, что ренин и ангиотензин представляют собой так называемую ренин-ангиотензинную систему.

Гистамин расширяет сосуды печени, сердца, кишечника, повышает наполнение капилляров, а также уменьшает объем циркулирующей крови.

Простогландины – это большая группа биологически активных веществ, вырабатываемых во всех органах и тканях. Одни простогландины сокращают стенки кровеносных сосудов и повышают артериальное давление, другие обладают сосудорасширяющим действием, вызывают гипотензивный эффект. Такие биологические вещества, как серотонин и брадикинин, также влияют на деятельность сердечно-сосудистой системы.

В нервной и эндокринной регуляции различают гемодинамические механизмы короткого, промежуточного и продолжительного действия. К механизмам короткого действия (по времени действия) относятся циркуляторные реакции нервного происхождения – барорецепторные, хеморецепторные, рефлекс на ишемию ЦНС. Развитие их происходит в течение нескольких секунд. Промежуточные механизмы охватывают изменения обмена в капиллярах, расслабление

напряженной стенки, реакцию ренин-ангиотензинной системы. Для начала работы этих механизмов потребуются минуты, а для максимального развития – часы. Механизмы продолжительного действия влияют на отношения между внутрисосудистым объемом крови и емкостью сосудов, осуществляются при помощи трансапиллярного обмена жидкости. В этом процессе участвуют гормоны вазопрессин, альдостерон и почечная регуляция объема жидкости. Механическая, или гемодинамическая, регуляция (закон Франка–Старлинга) выражается в том, что сила сокращений прямо пропорциональна степени начального растяжения правых отделов сердца венозной кровью. Этот вид регуляции обеспечивает поддержание таких констант, как систолический и минутный объемы сердца.

5.3. Дыхательная система. Физиология дыхания

Дыхательная система объединяет органы, которые выполняют воздухоносную (полость рта, носоглотка, гортань, трахея, бронхи) и дыхательную, или газообменную (легкие), функции.

Основная функция органов дыхания – обеспечение газообмена между воздухом и кровью путем диффузии кислорода и углекислого газа через стенки легочных альвеол в кровеносные капилляры. Кроме того, органы дыхания участвуют в звукообразовании, определении запаха, выработке некоторых гормоноподобных веществ, в липидном и водно-солевом обмене, в поддержании иммунитета организма.

В воздухоносных путях происходит очищение, увлажнение, согревание вдыхаемого воздуха, а также восприятие запаха, температурных и механических раздражителей.

Характерной особенностью строения дыхательных путей является наличие хрящевой основы в их стенках, в результате чего они не спадаются. Внутренняя поверхность дыхательных путей покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием и содержит значительное количество желез, выделяющих слизь. Реснички эпителиальных клеток, двигаясь против ветра, выводят наружу вместе со слизью и инородные тела.

Полость носа (cavitas nasi) – это начальный отдел дыхательных путей и одновременно орган обоняния. Проходя через полость носа, воздух или охлаждается, или согревается, увлажняется

и очищается. Полость носа формируется наружным носом и костями лицевого черепа, делится перегородкой на две симметричные половины. Спереди входными отверстиями в носовую полость являются *ноздри*, а сзади через хоаны она соединяется с носовой частью глотки. *Перегородка носа* состоит из перепончатой, хрящевой и костной частей. В каждой половине носа выделяют преддверие полости носа. Внутри оно покрыто переходящей через ноздри кожей наружного носа, содержащей потовые, сальные железы и жесткие волоски, которые задерживают частицы пыли. От боковой стенки в просвет каждой половины носа выступают по три выгнутые костные пластинки: верхняя, средняя и нижняя раковины. Они делят полость носа на узкие, соединенные между собой носовые ходы.

Различают верхний, средний и нижний носовые ходы, расположенные под соответствующей носовой раковиной. В каждый носовой ход открываются воздухоносные (околоносовые) пазухи и каналы черепа: отверстия решетчатой кости, клиновидная, верхнечелюстная (гайморова) и лобная пазухи, носослезный канал. Слизистая оболочка носа продолжается в слизистую оболочку околоносовых пазух, слезного мешка, носовой части глотки и мягкого нёба. Она плотно срастается с надкостницей и надхрящницей стенок полости носа и покрыта эпителием, который содержит большое количество бокаловидных слизистых желез, кровеносных сосудов и нервных окончаний.

В верхней носовой раковине, частично в средней и в верхнем отделе перегородки находятся нейросенсорные (чувствительные) клетки обоняния. Воздух из полости носа попадает в носоглотку, а затем в ротовую и гортанную части глотки, где открывается отверстие гортани. В области глотки происходит пересечение пищеварительного и дыхательного путей; воздух сюда может поступать и через *гортань* (*larynx*), которая выполняет функции дыхания, звукообразования и защиты нижних дыхательных путей от попадания в них инородных частиц. Она расположена в передней области шеи, на уровне IV–VII шейных позвонков; на поверхности шеи образует небольшое у женщин и сильно выступающее вперед у мужчин возвышение – *выступ гортани*. Сверху гортань подвешена к подъязычной кости, внизу соединяется с трахеей. Спереди гортани лежат мышцы шеи, сбоку – сосудисто-нервные пучки.

Скелет гортани составляют непарные и парные хрящи. К *непарным* относятся щитовидный, перстневидный хрящи и надгортанник, к *парным* – черпаловидные, рожковидные и клиновидные хрящи, которые соединяются между собой связками, соединительнотканными мембранами и суставом.

Хрящи гортани. Основу гортани составляет *гиалиновый перстневидный хрящ*, который соединяется с первым хрящом трахеи при помощи связки. Он имеет дугу и четырехугольную пластинку; дуга хряща направлена вперед, пластинка назад. На верхнем крае пластинки находятся две составные поверхности для соединения с черпаловидными хрящами. На дуге перстневидного хряща расположен гиалиновый непарный, самый большой хрящ гортани – *щитовидный*. На передней части щитовидного хряща находятся верхняя щитовидная и небольшая нижняя щитовидная вырезки. Задние края пластинок щитовидного хряща образуют с каждой стороны длинный верхний и короткий нижний рога. *Черпаловидный хрящ* парный, гиалиновый, похож на четырехгранную пирамиду. В нем различают переднелатеральную, медиальную и заднюю поверхности. Основание хряща направлено вниз, верхушка заострена, отклонена несколько назад. От основания отходит мышечный отросток, к которому прикрепляются голосовые связка и мышца. Сверху и спереди вход в гортань прикрывает надгортанник – эластичный отросток. Он прикрепляется щитонадгортанной связкой к щитовидному хрящу. Надгортанник перекрывает вход в гортань во время проглатывания еды. *Рожковидный* и *клиновидный хрящи* находятся в толще черпаловидной связки.

Соединяются хрящи гортани между собой и с подъязычной костью при помощи суставов (перстнещитовидный, перстнечерпаловидный) и связок (щитоподъязычная мембрана, срединная щитоподъязычная, латеральные щитоподъязычные, подъязычнонадгортанная, щитонадгортанная, перстнещитовидная, перстнетрахеальная).

Мышцы гортани. Все мышцы гортани делятся на три группы: расширители, суживающие голосовую щель и изменяющие напряжение голосовых связок.

К мышцам, расширяющим голосовую щель, относится только одна мышца – *задняя перстнечерпаловидная*. Эта парная мышца при сокращении оттягивает мышечный отросток назад, поворачивает

черпаловидный хрящ наружу. Голосовой отросток поворачивается также латерально и голосовая щель расширяется.

В группу мышц, суживающих голосовую щель, входят *парная латеральная перстнечерпаловидная* и *парная щиточерпаловидная*, *парная косая черпаловидная* мышцы и *непарная поперечная черпаловидная* мышца.

К мышцам, натягивающим (напрягающим) голосовые связки, относится *парная перстнещитовидная*, а также *голосовая* мышца.

Полость гортани. В полости гортани различают три отдела: преддверие, межжелудочковый отдел и подголосовую полость (рис. 5.1).

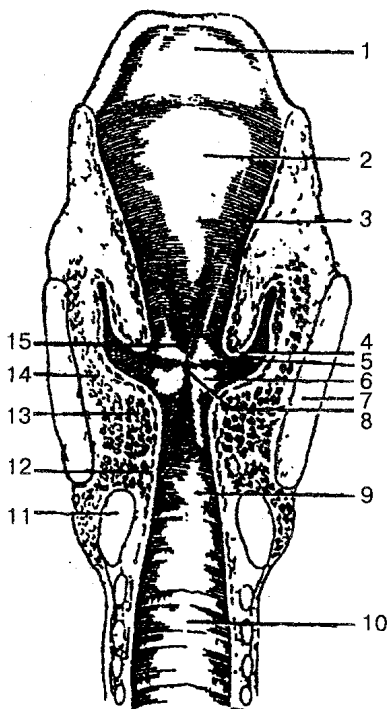


Рис. 5.1. Полость гортани (фронтальный распил):

- 1 – надгортанник; 2 – надгортанный бугорок; 3 – преддверие гортани;
- 4 – складка преддверия; 5 – желудочек гортани; 6 – голосовая складка;
- 7 – щитовидный хрящ; 8 – голосовая щель; 9 – подголосовая полость;
- 10 – полость трахеи; 11 – перстневидный хрящ;
- 12 – латеральная перстнечерпаловидная мышца; 13 – голосовая мышца;
- 14 – щиточерпаловидная мышца; 15 – щель преддверия

Преддверие гортани находится в пределах от входа в гортань до складок преддверия. Складки преддверия сформированы слизистой оболочкой гортани, которая содержит слизистые железы и утолщенные эластические волокна. Между этими складками находится *щель преддверия*.

Средний отдел – *межжелудочковый* – самый узкий. Он простирается от складок преддверия вверх к голосовым связкам вниз. Между складками преддверия (ложная голосовая складка) и голосовой складкой с левой и правой сторон гортани расположены желудочки. Правая и левая голосовые складки ограничивают *голосовую щель* – наиболее узкую часть полости гортани. В голосовой щели выделяют межперепончатую и межхрящевую части. Длина голосовой щели у мужчин равна 20–24 мм, у женщин – 16–19 мм; ширина при спокойном дыхании – 5 мм, а при голосообразовании – 15 мм.

Нижний отдел полости гортани, который переходит в трахею, называется *подголосовой полостью*.

Гортань имеет три оболочки: *слизистую, фиброзно-хрящевую и соединительнотканную*. Первая покрыта многоядным мерцательным эпителием, кроме голосовых связок. Фиброзно-хрящевая оболочка состоит из гиалиновых и эластичных хрящей. Последние в свою очередь окружены плотной волокнистой соединительной тканью и выполняют роль каркаса гортани.

При образовании звука голосовая щель закрыта и открывается только при повышении давления воздуха в подголосовой полости на выдохе. Воздух, поступающий из легких в гортань, вибрирует голосовые связки. При этом образуются звуки разной высоты и силы. В формировании звука участвуют мышцы гортани, которые суживают и расширяют голосовую щель. Кроме того, звукообразование зависит от состояния резонаторов (полость носа, придаточные пазухи носа, глотка), возраста, пола, функции речевого аппарата. В звукообразовании принимает участие и центральная нервная система, под контролем которой находятся голосовые связки и мышцы гортани. У детей размеры гортани меньше, чем у взрослых; голосовые связки короче, тембр голоса выше. Размеры гортани могут изменяться в период полового созревания, что ведет к изменению голоса.

Трахея (trachea) – непарный орган, через который воздух поступает в легкие и наоборот (рис. 5.2).

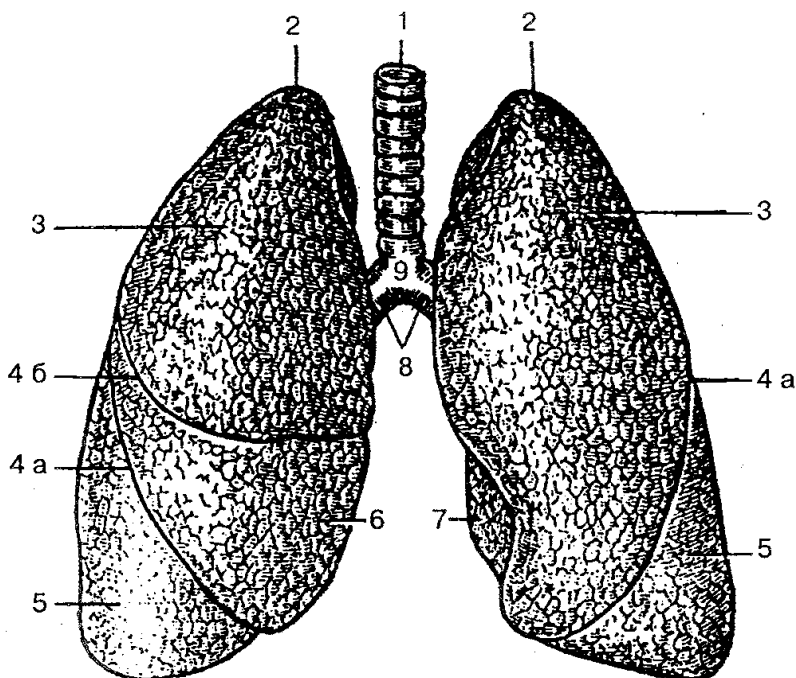


Рис. 5.2. Трахея, главные бронхи и легкие:

1 – трахея; 2 – верхушка легкого; 3 – верхняя доля; 4 а – косая щель;
4 б – горизонтальная щель; 5 – нижняя доля; 6 – средняя доля;
7 – сердечная вырезка левого легкого; 8 – главные бронхи; 9 – бифуркация трахеи

Трахея имеет форму трубки длиной 9–10 см, несколько сжатой в направлении спереди назад; поперечник ее равен в среднем 15–18 мм.

Основу трахеи составляют 16–20 гиалиновых хрящевых полуколец, соединенных между собой кольцевыми связками.

Трахея начинается на уровне нижнего края VI шейного позвонка и заканчивается на уровне верхнего края V грудного позвонка.

В трахее различают шейную и грудную части. В *шейной части* спереди трахеи находятся щитовидная железа, сзади – пищевод, а по бокам – сосудисто-нервные пучки (общая сонная артерия, внутренняя яремная вена, блуждающий нерв).

В *грудной части* спереди трахеи находятся дуга аорты, плечеголовной ствол, левая плечеголовная вена, начало левой общей сонной артерии и вилочковая железа.

В грудной полости трахея делится на два главных бронха, которые отходят в правое и левое легкое. Место деления трахеи называется *бифуркацией*. Правый главный бронх имеет более вертикальное направление; он короче и шире левого. В связи с этим инородные тела из трахеи чаще попадают в правый бронх. Длина правого бронха около 3 см, а левого 4–5 см. Над левым главным бронхом лежит дуга аорты, над правым – непарная вена. Правый главный бронх имеет 6–8, а левый 9–12 хрящевых полуколец. Внутри трахея и бронхи выстланы слизистой оболочкой с реснитчатым многослойным эпителием, содержащей слизистые железы и одиночные лимфоидные узелки. Снаружи трахея и главный бронх покрыты адвентицией.

Главные бронхи (первого порядка) в свою очередь делятся на долевы (второго порядка), а они в свою очередь – на сегментарные (третьего порядка), которые делятся далее и образуют бронхиальное дерево легких.

Главные бронхи состоят из неполных хрящевых колец; в бронхах среднего калибра гиалиновая хрящевая ткань заменяется на хрящевую эластическую; в концевых бронхиолах хрящевая оболочка отсутствует.

Легкие (pulmones) – главный орган дыхательной системы, который насыщает кислородом кровь и выводит углекислый газ. Правое и левое легкое расположено в грудной полости, каждое в своем плевральном мешке. Внизу легкие прилегают к диафрагме, спереди, с боков и сзади каждое легкое соприкасается с грудной стенкой. Правый купол диафрагмы лежит выше левого, поэтому правое легкое короче и шире левого. Левое легкое уже и длиннее, потому что в левой половине грудной клетки находится сердце, которое своей верхушкой повернуто влево.

Физиология дыхания. Жизнедеятельность живого организма связана с поглощением им O_2 и выделением CO_2 . Поэтому в понятие «дыхание» входят все процессы, связанные с доставкой O_2 из внешней среды внутрь клетки и выделением CO_2 из клетки в окружающую среду.

У человека различают дыхание: 1) внутреннее (клеточное, тканевое); 2) транспорт газов кровью или другими жидкостями тела; 3) внешнее (легочное). Фактически все звенья газотранспортной системы организма, включая регуляторные механизмы, призваны обеспечить концентрацию кислорода в клетках, необходимую для поддержания активности дыхательных ферментов.

Перенос O_2 из альвеолярного воздуха в кровь и CO_2 из крови в альвеолярный воздух происходит исключительно путем диффузии. Движущей силой диффузии является разница парциального давления O_2 и CO_2 по обеим сторонам альвеолокапиллярной мембраны. Кислород и углекислый газ диффундируют через слой тонкой пленки фосфолипидов (сурфактанта), альвеолярный эпителий, две основные мембраны, эндотелий кровеносного капилляра. Диффузионная способность легких для кислорода значительная. Это обусловлено большим количеством альвеол и их значительной газообменной поверхностью, а также небольшой толщиной (около 1 мкм) альвеолокапиллярной мембраны. Время прохождения крови через капилляры легких составляет около 1 с, напряжение газов в артериальной крови, которая оттекает от легких, полностью соответствует парциальному давлению в альвеолярном воздухе. Если вентиляция легких недостаточная и в альвеолах увеличивается содержание CO_2 , то уровень концентрации CO_2 сразу же повышается в крови, что приводит к учащению дыхания.

В легких кровь из венозной превращается в артериальную, богатую O_2 и бедную CO_2 . Артериальная кровь поступает в ткани, где в результате беспрерывно проходящих процессов используется O_2 и образуется CO_2 . В тканях напряжение O_2 близко к нулю, а напряжение CO_2 около 60 мм рт. ст. В результате разности давления CO_2 из ткани диффундирует в кровь, а O_2 – в ткани. Кровь становится венозной и по венам поступает в легкие, где цикл обмена газов повторяется вновь.

Газы очень слабо растворяются в жидкостях. Только небольшая часть O_2 (около 2 %) растворяется в плазме, а CO_2 – 3 %–6 %. Основная часть гемоглобина транспортируется в форме непрочного соединения гемоглобина, который содержится в эритроцитах. В молекулу этого дыхательного пигмента входят специфический белок – *глобин* и протетическая группа – *гем*, которая содержит двухвалентное железо. При присоединении кислорода к гемоглобину

образуется *оксигемоглобин*, а при отдаче кислорода – *дизоксигемоглобин*. Например, 1 г гемоглобина способен связать 1,36 мл газообразного O_2 (при атмосферном давлении). Если учесть, что в крови человека содержится около 15 % гемоглобина, то 100 мл его крови могут перенести до 21 мл O_2 . Это так называемая *кислородная емкость крови*. Оксигенация гемоглобина зависит от парциального давления O_2 в среде, с которой контактирует кровь. Сродство гемоглобина с кислородом измеряется величиной парциального давления кислорода, при которой гемоглобин насыщается на 50 % (P50), у человека в норме она составляет 26,5 мм рт. ст. для артериальной крови.

Гемоглобин особенно легко соединяется с угарным газом CO (оксид углерода) с образованием *карбоксигемоглобина*, не способного к переносу O_2 . Его химическое сродство к гемоглобину почти в 300 раз выше, чем к O_2 . Так, при концентрации CO в воздухе, равной 0,1 %, около 80 % гемоглобина крови оказывается в связи не с кислородом, а с угарным газом. Вследствие этого в организме человека возникают симптомы кислородного голодания (рвота, головная боль, потеря сознания). Легкая степень отравления угарным газом является обратимым процессом: CO постепенно отщепляется от гемоглобина и выводится при дыхании свежим воздухом.

При концентрации CO, равной 1 %, через несколько секунд наступает гибель организма.

Углекислый газ обладает способностью вступать в разные химические связи, образуя, в том числе, нестойкую угольную кислоту. Это обратная реакция, которая зависит от парциального давления CO_2 в воздушной среде. Она резко увеличивается под действием фермента *карбоангидразы*, который находится в эритроцитах, куда CO_2 быстро диффундирует из плазмы. Около 4/5 углекислого газа транспортируется в виде гидрокарбоната HCO_3^- . Связыванию CO_2 способствует снижение кислотных особенностей гемоглобина. Угольная кислота в тканевых капиллярах реагирует с ионами натрия и калия, образуя бикарбонаты ($NaHCO_3^-$, $KHCO_3^-$). Углекислый газ транспортируется к легким в физически растворенном виде и в непрочном химическом соединении в виде карбогемоглобина, угольной кислоты и бикарбонатов калия и натрия. Около 70 % его находится в плазме, а 30 % – в эритроцитах.

Координированные сокращения дыхательных мышц обусловлены ритмичной деятельностью нейронов дыхательного центра, который находится в продолговатом мозге. Кроме того, к звену аппарата регуляции дыхания относятся хеморецепторные и механорецепторные системы, обеспечивающие нормальную работу дыхательного центра в соответствии с потребностями организма в обмене газов. К *дыхательным нейронам* относятся нервные клетки, импульсная активность которых изменяется в соответствии с фазами дыхательного цикла. Различают *инспираторные нейроны*, которые активны только в фазе вдоха, и *экспираторные*, активные во время выдоха. Активность дыхательных нейронов зависит также от импульсов, исходящих от хемо- и механорецепторов дыхательной системы. Основным регулятором активности центрального дыхательного механизма является афферентная сигнализация о газовом составе крови, которая поступает от центральных (бульбарных) и периферических (артериальных) хеморецепторов.

Главный стимул, который управляет дыханием, – высокое содержание CO_2 (гиперкапния) в крови и в не клеточной жидкости мозга. Чем сильнее возбуждение бульбарных хемочувствительных структур и артериальных хеморецепторов, тем выше происходит вентиляция. Незначительное влияние на регуляцию дыхания оказывает гипоксия. Стимулирует дыхание сочетание гиперкапнии и гипоксии; интенсификация окислительных процессов ведет не только к увеличению поглощения из крови кислорода, но и к возрастанию в ней углекислого газа и кислых продуктов обмена.

Механорецепторы дыхательной системы, во-первых, участвуют в регуляции параметров дыхательного цикла – регуляции глубины вдоха и его продолжительности; во-вторых, эти рецепторы являются рецепторами рефлексов защитного характера – кашля. К механорецепторам относятся рецепторы растяжения легких, иритантные, юкстаальвеолярные, рецепторы верхних дыхательных путей и проприорецепторы дыхательных мышц. Рецепторы растяжения легких находятся в основном в гладкомышечном слое стенок трахеобронхиального дерева и чувствительны к давлению и растяжению. Иритантные рецепторы расположены в эпителиальном и субэпителиальном слоях стенок воздухоносных путей. Они чувствительны к частицам пыли, слизи, химических веществ, а также реагируют на резкие изменения объема легких (спадение). Юкстаальвеолярные

рецепторы локализируются в интерстиции легких вблизи альвеолярных капилляров и дают начало немиелинизированным С-волоконкам, которые идут в блуждающий нерв. Эти рецепторы чувствительны к ряду биологически активных веществ (никотину, гистамину и др.). Рецепторы верхних дыхательных путей являются в основном источником защитных рефлексов (кашель, чиханье, глотание). Проприорецепторы дыхательных мышц контролируют деятельность этих мышц под влиянием центральных дыхательных нейронов.

Таким образом, в регуляции дыхания участвуют различные по характеру и местонахождению как нервные, так и гуморальные структуры, которые создают оптимальные условия для газообмена.

Человек в состоянии покоя вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха. Этот объем воздуха называется *дыхательным*. Если после спокойного вдоха сделать усиленный дополнительный вдох, то в легкие может поступить еще 1500 мл воздуха. Такой объем называют *резервным объемом вдоха*. После спокойного выдоха при максимальном напряжении дыхательных мышц можно выдохнуть еще 1500 мл воздуха. Этот объем носит название *резервного объема выдоха*. После максимального выдоха в легких остается около 1200 мл воздуха – *остаточный объем*. Сумма резервного объема выдоха и остаточного объема составляет около 250 мл – функциональную остаточную емкость легких (альвеолярный воздух). Жизненная емкость легких – это в сумме дыхательный объем воздуха, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха ($500 + 1500 + 1500$).

Жизненную емкость легких и объем легочного воздуха измеряют при помощи специального прибора – *спирометра* (или *спирографа*).

Дыхание изменяется при повышенном или пониженном атмосферном давлении. Так, при работе под водой на глубине (водолазы, акванавты) необходимо доставить дыхательную смесь, которая бы соответствовала гидростатическому давлению на данной глубине, иначе дыхание будет невозможным. При увеличении глубины на каждые 10 м давление возрастает на 1 атм (0,1 мПа). Таким образом, на глубине 100 м человеку необходима дыхательная смесь, превышающая атмосферное давление приблизительно в 10 раз. Пропорционально возрастает и плотность этой смеси, что создает дополнительное препятствие для дыхания. Поэтому на глубине более 60–80 м в крови и тканях людей растворяется большое количество газов, в том числе и азота. При быстром переходе от повышенного

давления к нормальному в организме человека образуется много газовых пузырьков из азота, которые закупоривают капилляры и нарушают кровообращение. Постепенное снижение давления в декомпрессионной камере способствует выведению азота через легкие.

Для предупреждения отрицательного влияния азота на организм человека азот полностью или частично заменяют гелием, плотность которого в 7 раз меньше, чем у азота.

Нахождение человека на больших высотах сопровождается снижением парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе и альвеолярном газе. Так, на высоте 4000 м над уровнем моря давление атмосферное O_2 и альвеолярное O_2 снижается более чем в 1,5 раза в сравнении с нормой. При этом у человека может наблюдаться недостаточное обеспечение кислородом организма, особенно головного мозга, проявляющееся одышкой, нарушениями центральной нервной системы (головная боль, тошнота, бессонница) и др. Индивидуальная устойчивость организма человека в полной мере зависит от его адаптации. Однако на высоте 7000–8000 м, где атмосферное и альвеолярное давление падает почти втрое, дыхание считается небезопасным для жизни без употребления газовой смеси с кислородом.

6. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА ВО ВРЕМЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Температура человека и ее суточное колебание

В природе существуют различные живые организмы. Различают пойкилотермные организмы, не способные поддерживать постоянную температуру тела, у которых температура организма зависит от температуры среды, другая группа – гомойотермные живые организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела. Наконец, есть птицы и животные, совмещающие черты обеих групп – гетеротермные.

Процесс сохранения постоянства температуры тела за счет поддержания теплового баланса между теплообразованием и теплоотдачей называется изотермией. Температура глубоких тканей тела за счет теплопереноса кровью распределена более равномерно и составляет около 36,7 °С–37,0 °С. Ее суточные колебания в условиях относительного покоя организма находятся в пределах 1 °С, поэтому говорят о гомойотермном «ядре» тела человека. В это понятие включают ткани человеческого тела, расположенные на глубине 1 см от поверхности кожи и глубже. В тканях печени, мозга, почек температура несколько выше благодаря их метаболической активности, чем в тканях других внутренних органов. Температура поверхности тела и дистальных отделов конечностей ниже, чем глубоких тканей и проксимальных отделов конечностей. Она зависит от интенсивности кровотока в сосудах органов и тканей и от охлаждающего или согревающего действия температуры внешней среды, поэтому говорят о пойкилотермной «оболочке» тела человека. Относительное постоянство температуры сохраняется в большей массе глубоких тканей человека, если организм находится в среде с температурой 25 °С–26 °С. Это значение температуры для легко одетого человека называют термонеutralной зоной, или температурой комфорта, потому что в таком температурном диапазоне температура организма поддерживается постоянной без дополнительного участия терморегуляторных механизмов. При охлаждающем действии внешней среды температура глубоких тканей уменьшается, а при согревании организма – возрастает. Температура тела человека изменяется в течение суток,

что является проявлением суточных циркадианных ритмов. Суточные колебания температуры тела происходят под влиянием эндогенных ритмов («биологических часов»), которые синхронизированы с внешними сигналами, например с вращением Земли. Кроме того, температура тела человека зависит от его физиологического состояния (сон или бодрствование, покой или физические и психоэмоциональные нагрузки и т. д.). Максимального значения температура тела человека достигает в 18–20 часов и снижается до своего минимума в предутренние часы, к 4–6 часам утра. Амплитуда этих суточных колебаний не превышает 1 °С.

Среднее значение температуры «ядра» тела отражает температура крови в полостях сердца, аорте и других крупных сосудах. Однако измерение температуры в этих частях тела человека практически невозможно, поэтому для клинических целей в качестве показателя температуры глубоких тканей тела используют такие относительно доступные для ее измерения значения, как ректальная температура, подъязычная и подмышечная температура, температура в наружном слуховом проходе у барабанной перепонки. Очевидно, что подобные измерения в каждом из перечисленных участков тела имеют свои особенности и ограничения, а полученные величины температур лишь в большей или меньшей степени отражают температуру глубоких тканей.

Механизмы терморегуляции подразделяются на физические (теплоотдача) и химические (теплообразование). При физической терморегуляции отдача организмом тепла происходит за счет таких физических процессов, как испарение, излучение, конвекция и кондукция. Тепло в организме образуется в процессе различных биохимических реакций, связанных с обменом веществ. При превышении пределов регуляции может развиваться либо гипотермия (переохлаждение), либо гипертермия (перегревание).

Границы колебаний температуры «ядра» у человека, при которых не происходит каких-либо значительных психофизических нарушений, составляют: 33 °С – нижний предел и 41 °С – верхний. Совокупность процессов, обеспечивающих поддержание стабильной внутренней температуры тела, несмотря на значительные колебания внешней условий, называется терморегуляцией.

Регуляция изотермии осуществляется при помощи нервного и гуморального механизмов. Центр терморегуляции находится

в гипоталамусе, при этом передний отдел отвечает за базальный температурный уровень, задний отдел управляет теплопродукцией и теплоотдачей. Важная роль принадлежит также коре и высшим подкорковым центрам. Значительная роль в осуществлении гуморальной регуляции принадлежит надпочечникам, которые способны усиливать теплопродукцию и уменьшать теплоотдачу, а также щитовидной железе, способной усиливать теплообразование. Способность теплокровных животных и человека поддерживать температуру тела на относительно постоянном уровне в изменяющихся условиях внешней и внутренней среды обеспечивается за счет непрерывной деятельности физиологической системы терморегуляции. Эта система включает в себя: 1) температурные рецепторы, реагирующие на изменение температуры внешней и внутренней среды; 2) центр терморегуляции, расположенный в гипоталамусе; 3) эффекторное (исполнительное) звено терморегуляции. Основная функция системы терморегуляции – поддерживать оптимальную для метаболизма организма, или нормальную, температуру тела. Полезным для организма приспособительным результатом работы этой системы является определенная величина температуры крови, обеспечивающая нормальное течение обменных процессов в организме, с одной стороны, и определяющаяся интенсивностью этих процессов – с другой. Обладая высокой теплоемкостью, кровь переносит тепло от тканей с высоким уровнем теплообразования к тканям с более низким уровнем и таким образом содействует выравниванию уровня температуры в различных частях тела.

6.2. Обмен веществ как источник образования тепла

Обязательным условием существования организма человека, как и всех живых организмов, является постоянный обмен веществ и энергии с внешней средой. В ходе обмена веществ питательные вещества, богатые энергией, подвергаются химическим превращениям с выделением энергии, используемой организмом для обеспечения жизнедеятельности, а конечные продукты обмена веществ с низким содержанием энергии удаляются из клетки.

Обмен веществ, или метаболизм, делится на две основные группы процессов: ассимиляцию и диссимиляцию. *Ассимиляция*, или *анаболизм*, – это процессы усвоения веществ, поступающих в организм

из внешней среды, образование более сложных органических соединений из простых с запасанием энергии в макроэргических связях молекул АТФ (нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и трех остатков фосфорной кислоты). *Диссимиляция*, или *катаболизм*, – это распад сложных органических веществ, входящих в состав клеточных структур, до более простых веществ, сопровождающееся выделением энергии. Метаболизм жиров и углеводов служит главным образом для обеспечения физиологических функций (функциональный метаболизм), а метаболизм белков – для поддержания и изменения структуры организма (структурный метаболизм) (рис. 6.1).

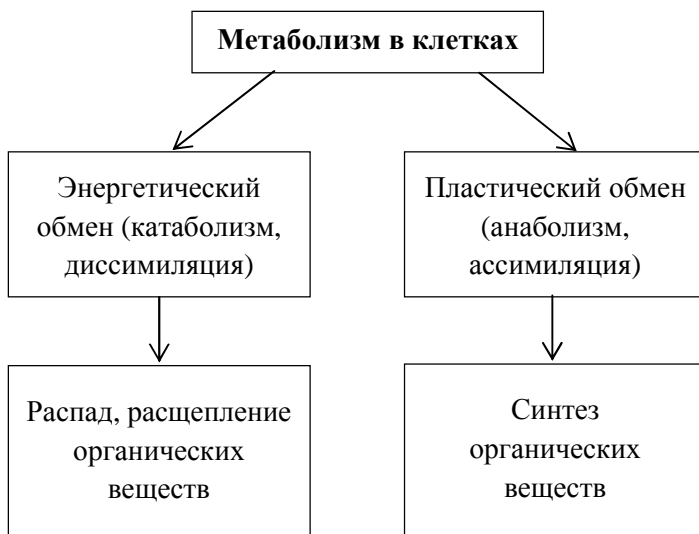


Рис. 6.1. Метаболизм в клетках

Этапы высвобождения и запасания энергии в организме. Общая продукция энергии в организме включает в себя выделенную энергию, израсходованную на внешнюю работу (мышечные сокращения, активный транспорт веществ, работа сердца и т. д.), теплопродукцию и запасенную энергию (в химических связях молекул, в первую очередь в связях молекул АТФ). Свободная энергия для организма поступает лишь с пищей. Она аккумулирована в сложных химических связях белков, жиров и углеводов. Чтобы

освободить эту энергию (в ходе реакций катаболизма), питательные вещества вначале подвергаются гидролизу, а потом окислению в аэробных и анаэробных процессах.

I этап – гидролиз в желудочно-кишечном тракте: выделяется не более 0,5 % свободной энергии, в результате чего образуется небольшое количество тепла, используемое организмом для поддержания температуры тела.

II этап – процесс анаэробного окисления глюкозы до пировиноградной кислоты, в котором до 5 % свободной энергии аккумулируется в виде АТФ.

III этап – основной – процесс аэробного окисления глюкозы до CO_2 и воды в цикле трикарбонных кислот, или цикле Кребса. В нем происходит утилизация 94,5 % всей энергии. При этом 52 %–54 % энергии накапливается в АТФ, остальная часть выделяется в виде первичной теплоты. Образовавшаяся АТФ используется для совершения полезной работы, и ее энергия выделяется в виде вторичной теплоты.

Цикл Кребса связывает между собой катаболические и анаболические стадии метаболизма, т. е. промежуточные продукты цикла Кребса используются для синтеза мономеров в ходе реакций анаболизма. Из этих мономеров синтезируются клеточные полимеры – белки, жиры, углеводы и используется энергия, запасенная в связях молекул АТФ.

Таким образом, часть аккумулированной в химических связях молекул жиров, белков и углеводов энергии в процессе биологического окисления используется для синтеза АТФ, а другая часть этой энергии сразу превращается в теплоту – так называемая *первичная теплота*. В результате же функционального и структурного метаболизма происходит расходование запасенной энергии и выделение ее в виде *вторичной теплоты*, то есть вся свободная энергия в конечном итоге превращается в тепловую энергию. Поэтому, измеряя количество тепловой энергии, выделяемой организмом, можно определить его *энергозатраты*.

Если измерить все количество тепла, образовавшегося в организме за час или сутки, то это будет мерой суммарной энергии химических связей питательных веществ, подвергшихся за это время биологическому окислению. Так как в процессе биологического окисления используется кислород, то по его потребленному количеству

можно судить о величине энергозатрат организма. Количество выделенного тепла определяют с помощью прямой или непрямой калориметрии.

Прямая калориметрия заключается в прямом измерении количества тепла, непосредственно выделенного организмом в теплоизолированной камере. Однако из-за громоздкости и сложности используемого при этом оборудования данный метод применяется редко. *Непрямая калориметрия* основана на измерении количества потребленного кислорода и выделенного CO_2 . Зная эти величины, вычисляют дыхательный коэффициент. *Дыхательный коэффициент* – это отношение объема выделенного CO_2 к объему поглощенного O_2 . Величина дыхательного коэффициента зависит от того, какие органические вещества подвергаются окислению. При окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, так как при полном окислении одной молекулы глюкозы используется одна молекула кислорода и выделяется одна молекула CO_2 . При окислении одной молекулы белков или одной молекулы жиров образуется меньше молекул CO_2 в расчете на одну потребленную молекулу кислорода, поэтому дыхательный коэффициент белков составляет 0,8, а жиров – 0,7. Когда в организме одновременно окисляются белки, жиры и углеводы, то дыхательный коэффициент колеблется от 0,7 (окисление только жиров) до 1,0 (окисление одних углеводов), и составляет в среднем 0,85.

Потребление кислорода сопровождается выделением тепла. *Калорический эквивалент кислорода* – это количество тепла, образующегося в организме при потреблении им 1 л кислорода. Подсчитав дыхательный коэффициент на основе измерения количества потребленного кислорода и выделенного CO_2 , можно определить калорический эквивалент кислорода (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Зависимость калорического эквивалента кислорода (ккал/л)
от дыхательного коэффициента

Дыхательный коэффициент	0,70	0,80	0,90	1,00
Калорический эквивалент кислорода	4,69	4,80	4,92	5,05

Затем величину калорического эквивалента кислорода умножают на количество потребленного кислорода и находят общее количество выделенного тепла, или энергетические затраты организма в единицу времени. Так как при этом измеряют количество потребленного кислорода и выделенного CO_2 , то метод непрямой калориметрии носит также *название* метода полного газового анализа.

6.3. Физиологические механизмы теплоотдачи

Включение механизмов терморегуляции наступает при отклонении температуры тела от оптимального ее значения. Под этим понятием подразумевается определенная теоретическая температура, установленная природой для тканей организма и равная температуре гипоталамуса. Регуляция температурного гомеостаза основана на суммации температурных сигналов из различных частей организма, которые обеспечивают интенсивность обменных процессов и нормальное функционирование организма, а уровень температуры крови является показателем, определяющим оптимальный уровень метаболизма в организме. Полезным приспособительным результатом является температура крови в правом предсердии, равная $37\text{ }^\circ\text{C}$. Именно сюда притекает кровь от всех органов тела. Температура крови в этой области наиболее точно отражает температуру «ядра» и является постоянной.

Для поддержания нормальной температуры тела у человека имеются физиологические механизмы, управляющие как скоростью теплопродукции, так и скоростью теплоотдачи. Это сложнорефлекторные и гуморальные механизмы. Сложнорефлекторная регуляция подразумевает участие как безусловных, так и условных рефлекторных реакций. Безусловно рефлекторная нервная терморегуляция начинается с возбуждения терморцепторов.

Механизмы теплоотдачи имеют больший диапазон резервных возможностей, чем механизмы теплообразования, и поэтому они играют ведущую роль в реализации функциональной системы терморегуляции. Это обусловлено тем, что термогенез (химическая терморегуляция) имеет большую генетическую детерминированность, а теплоотдача осуществляется с помощью физических (физическая терморегуляция) и физиологических механизмов (изменения функций сердечно-сосудистой системы, дыхания, потоотделения).

Теплоотдача в организме человека реализуется за счет двух взаимосвязанных потоков тепла – внутреннего и наружного. Перенос тепла от ядра к оболочке тела осуществляется путем кондукции – это внутренний поток тепла. Так как жировая ткань препятствует проведению тепла в связи с плохой теплопроводностью, то перенос тепла осуществляется кровью в силу ее высокой теплоемкости и теплопроводности. Наружный поток – это поток, направленный от кожи в окружающую среду. Рассматривая механизмы теплоотдачи, имеют в виду именно этот поток. Отдача тепла во внешнюю среду происходит за счет физических процессов (физическая терморегуляция):

- 1) теплоизлучение;
- 2) теплопроводение;
- 3) испарение.

Вклад каждого механизма в теплоотдачу определяется состоянием среды и скоростью продукции тепла в организме. В условиях температурного комфорта основная масса тепла отдается за счет теплопроводения, теплоизлучения и конвекции и лишь 20 % – с помощью испарения.

Потовые железы состоят из концевой части, или тела, и потового протока, который открывается наружу потовой порой. По характеру секреции потовые железы делятся на эккриновые (мерокриновые) и апокриновые. Апокриновые железы локализируются в подмышечной впадине, в лобковой области, в области половых губ, промежности, околососковом круге молочной железы. Апокриновые железы секретируют жирное вещество, богатое органическими соединениями. Видоизмененные апокриновые железы – ресничные железы, расположенные в веках у ресниц, а также железы, продуцирующие ушную серу в наружном слуховом проходе, и железы носа (преддверные железы). В испарении апокриновые железы не участвуют. Эккриновые, или мерокриновые, потовые железы расположены в коже почти всех областей тела. Всего их более 2 млн (есть люди, у которых они отсутствуют). Больше всего потовых желез на ладонях и подошвах (свыше 400 на 1 см²) и в коже лобка (около 300 на 1 см²). Скорость потообразования в разных участках тела широко варьирует. По химическому составу пот – это гипотонический раствор: он содержит 0,3 % хлористого

натрия, мочевины, глюкозу, аминокислоты, аммоний, малые количества молочной кислоты. Пот – это гипотоническая среда; при обильном потоотделении больше теряется воды, чем солей, и в крови может происходить повышение осмотического давления. Таким образом, обильное потоотделение чревато изменением водно-солевого обмена.

При необходимости повышения теплоотдачи путем потоиспарения происходит активация нейронов коры, лимбической системы и, главным образом, гипоталамуса. От гипоталамических нейронов сигналы идут к нейронам спинного мозга и постепенно вовлекают различные участки кожи в процесс потоотделения: вначале лицо, лоб, шею, потом – туловище и конечности.

7. ФИЗИОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

7.1. Строение почек, легких, желудка. Процесс мочеобразования

В процессе жизнедеятельности человека образуются конечные продукты обмена веществ (соли, мочевины и др.), которые называются шлаками. Задержка и накопление их в организме может вызвать глубокие изменения во многих внутренних органах. Основная часть продуктов распада выводится с мочой через почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Нормальная функция выделительной системы поддерживает кислотно-щелочное равновесие и обеспечивает деятельность органов и систем организма.

Почка (лат. – *ren*; греч. – *nephos*) – парный экскреторный орган, который образует мочу, имеет массу 100–200 г, располагается по бокам позвоночника на уровне XI грудного и II–III поясничных позвонков. Правая почка (рис. 7.1) лежит несколько ниже левой.

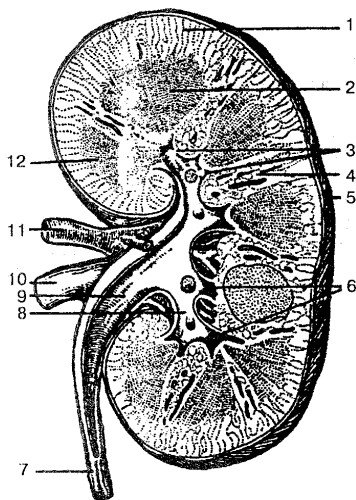


Рис. 7.1. Строение правой почки (фронтальный разрез):

- 1 – корковое вещество; 2 – мозговое вещество; 3 – почечные сосочки;
- 4 – почечные столбы; 5 – фиброзная капсула; 6 – малые почечные чашки;
- 7 – мочеточник; 8 – большая почечная чашка; 9 – почечная лоханка;
- 10 – почечная вена; 11 – почечная артерия; 12 – почечная пирамида

Почки имеют бобовидную форму, верхний и нижний полюсы, наружный выпуклый и внутренний вогнутый края, переднюю и заднюю поверхности. Задняя поверхность почек прилегает к диафрагме, квадратной мышце живота и большой поясничной мышце, которые образуют для почек углубления – *почечные ложа*. Спереди к правой почке прилегают нисходящая часть двенадцатиперстной кишки и ободочная кишка. Сверху почка соприкасается с нижней поверхностью печени. Спереди левой почки расположены желудок, хвост поджелудочной железы и петли тонкого кишечника. Почки покрыты брюшиной только спереди (экстраперитонеально), фиксируются почечной фасцией и кровеносными сосудами.

Почки покрыты тремя оболочками – почечной фасцией, фиброзной и жировой капсулами. Жировая капсула более выражена на задней поверхности, где образует околопочечное жировое тело. Почечная фасция состоит из переднего и заднего листков. Первый покрывает спереди левую почку, почечные сосуды, брюшную часть аорты, нижнюю полую вену, проходит вдоль позвоночника, переходя на правую почку, а второй проходит сзади почек и справа прикрепляется к боковым отделам позвоночного столба. Вверху листки соединяются между собой, а внизу соединений не имеют. Париеальная брюшина находится спереди от переднего листка почечной фасции. На внутреннем вогнутом краю расположены ворота почек, через которые в почку входят почечная артерия, нервы почечного сплетения, а выходят почечная вена, мочеточник, лимфатические сосуды. Ворота почек открываются в почечную пазуху, в которой находятся малые и большие почечные чашки и почечная лоханка.

Почка состоит из двух слоев: наружного светлого коркового и внутреннего темного мозгового, составляющего почечные пирамиды. Каждая почечная пирамида имеет основание, обращенное к корковому веществу, и верхушку в виде почечного сосочка, направленного в сторону почечной пазухи. Почечная пирамида состоит из прямых канальцев, образующих петлю нефрона, и собирательных трубочек, которые, соединяясь, формируют в области почечного сосочка 15–20 коротких сосочковых протоков, открывающихся на поверхности сосочка сосочковыми отверстиями.

Корковое вещество состоит из чередующихся светлых и темных участков. Светлые участки конусообразные, напоминают лучи, отходящие от мозгового вещества. Они образуют лучевую часть, в которой расположены почечные канальцы. Последние продолжаются в мозговое

вещество и в начальные отделы собирательных трубочек. В темных участках коркового вещества почки находятся почечные тельца, проксимальные и дистальные отделы извитых почечных канальцев.

Основная функционально-структурная единица почки – *нефрон* (их насчитывается около 1,5 млн). Нефрон (рис. 7.2) состоит из почечного тельца, включая сосудистый клубочек. Тельце опоясано двухстенной капсулой (капсула Шумлянско–Боумена). Полость капсулы выстлана однослойным кубическим эпителием, переходит в проксимальную часть канальца нефрона, дальше идет петля нефрона. Последняя переходит в мозговое вещество, а затем в корковое и в дистальную часть нефрона, которая при помощи вставочного отдела впадает в собирательные почечные трубочки, собирающиеся в сосочковые протоки, а последние открываются в малую почечную чашку.

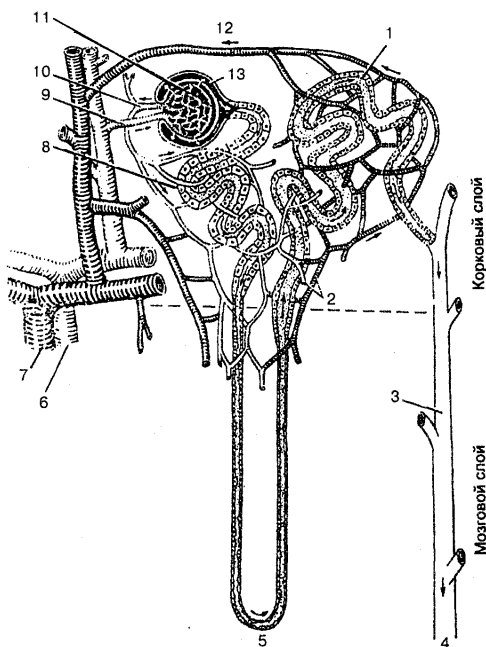


Рис. 7.2. Схема строения и кровоснабжения нефрона:

- 1 – дистальный извитой каналец; 2 – сеть капилляров; 3 – собирательная трубочка;
 4 – движение мочи к почечной лоханке; 5 – петля Генле; 6 – почечная артерия;
 7 – почечная вена; 8 – проксимальный извитой каналец; 9 – приносящая артериола;
 10 – выносящая артериола; 11 – почечный клубочек; 12 – венула;
 13 – боуменова капсула

Из соединений двух-трех малых чашек образуется большая почечная чашка, а при слиянии двух-трех последних – почечная лоханка. Около 80 % нефронов находится в толще коркового вещества – *корковые нефроны*, а 18 %–20 % локализуется в мозговом веществе почки – *юкстамедуллярные (околomозговые) нефроны*.

Кровоснабжение почки происходит за счет хорошо разветвленной сети кровеносных сосудов. Кровь в почку поступает по почечной артерии, которая в воротах почки делится на среднюю и заднюю ветви, дающие сегментарные артерии. От последних отходят междольковые артерии, проходящие между соседними почечными пирамидами и почечными столбами. На границе мозгового и коркового вещества междольковые артерии образуют между пирамидами дуговые артерии, от которых отходит множество междольковых артерий. Последние делятся на приносящие клубочковые артериолы, которые в почечных тельцах распадаются на капилляры и образуют капиллярные клубочки почечного тельца. Из клубочка выходит выносящая клубочковая артерия, она примерно в 2 раза меньше в диаметре, чем приносящая. Выносящие артериолы делятся на капилляры, образующие густую сеть вокруг почечных канальцев, а затем переходят в вены. Последние сливаются в междольковые вены, впадающие в дуговые вены. Они в свою очередь переходят в междольковые вены, которые, соединяясь, формируют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену.

Лимфатические сосуды почки сопровождают кровеносные сосуды, вместе с ними выходят из почек и впадают в поясничные лимфатические узлы.

Легкие (pulmones) – главный орган дыхательной системы, который насыщает кислородом кровь и выводит углекислый газ. Правое и левое легкое расположено в грудной полости, каждое в своем плевральном мешке. Внизу легкие прилегают к диафрагме, спереди, с боков и сзади каждое легкое соприкасается с грудной стенкой. Правый купол диафрагмы лежит выше левого, поэтому правое легкое короче и шире левого. Левое легкое уже и длиннее, потому что в левой половине грудной клетки находится сердце, которое своей верхушкой повернуто влево.

Верхушки легких выступают выше ключицы на 2–3 см. Нижняя граница легкого пересекает VI ребро по средне-ключичной линии,

VII ребро – по передней подмышечной, VIII – по средней подмышечной, IX – по задней подмышечной, X ребро – по околопозвоночной линии.

Нижняя граница левого легкого расположена несколько ниже. На максимальном вдохе нижний край опускается еще на 5–7 см.

Задняя граница легких проходит вдоль позвоночника от II ребра. Передняя граница (проекция переднего края) берет начало от верхушек легких, проходит почти параллельно на расстоянии 1,0–1,5 см на уровне хряща IV ребра. В этом месте граница левого легкого отклоняется влево на 4–5 см и образует сердечную вырезку. На уровне хряща VI ребра передние границы легких переходят в нижние.

В легком выделяют три поверхности: *выпуклую реберную*, прилегающую к внутренней поверхности стенки грудной полости; *диафрагмальную* – прилегает к диафрагме; *медиальную (средостенную)*, направленную в сторону средостения. На медиальной поверхности находятся ворота легкого, через которые входят главный бронх, легочная артерия и нервы, а выходят две легочные вены и лимфатические сосуды. Все вышеперечисленные сосуды и бронхи составляют *корень легкого*.

Каждое легкое бороздами делится на доли: правое – на три (верхнюю, среднюю и нижнюю), левое – на две (верхнюю и нижнюю).

Большое практическое значение имеет деление легких на так называемые *бронхолегочные сегменты*; в правом и в левом легком по 10 сегментов (рис. 7.3). Сегменты отделяются один от другого соединительнотканными перегородками (малососудистыми зонами), имеют форму конусов, верхушка которых направлена к воротам, а основание – к поверхности легких. В центре каждого сегмента расположены сегментарный бронх, сегментарная артерия, а на границе с другим сегментом – сегментарная вена.

Каждое легкое состоит из разветвленных бронхов, которые образуют бронхиальное дерево и систему легочных пузырьков. Вначале главные бронхи делятся на долевыe, а затем и на сегментарные. Последние в свою очередь разветвляются на субсегментарные (средние) бронхи. Субсегментарные бронхи также делятся на более мелкие 9–10-го порядка. Бронх диаметром около 1 мм называется *дольковым* и вновь разветвляется на 18–20 конечных бронхиол. В правом и левом легком человека насчитывается около 20 000 конечных

(терминальных) бронхиол. Каждая конечная бронхиола делится на дыхательные бронхиолы, которые в свою очередь делятся последовательно дихотомично (на две) и переходят в альвеолярные ходы.

Каждый альвеолярный ход заканчивается двумя альвеолярными мешочками. Стенки альвеолярных мешочков состоят из легочных альвеол. Диаметр альвеолярного хода и альвеолярного мешочка составляет 0,2–0,6 мм, альвеолы – 0,25–0,30 мм.

Дыхательные бронхиолы, а также альвеолярные ходы, альвеолярные мешочки и альвеолы легкого образуют *альвеолярное дерево* (*легочный ацинус*), которое является структурно-функциональной единицей легкого. Количество легочных ацинусов в одном легком достигает 15 000; количество альвеол в среднем составляет 300–350 млн, а площадь дыхательной поверхности всех альвеол – около 80 м².

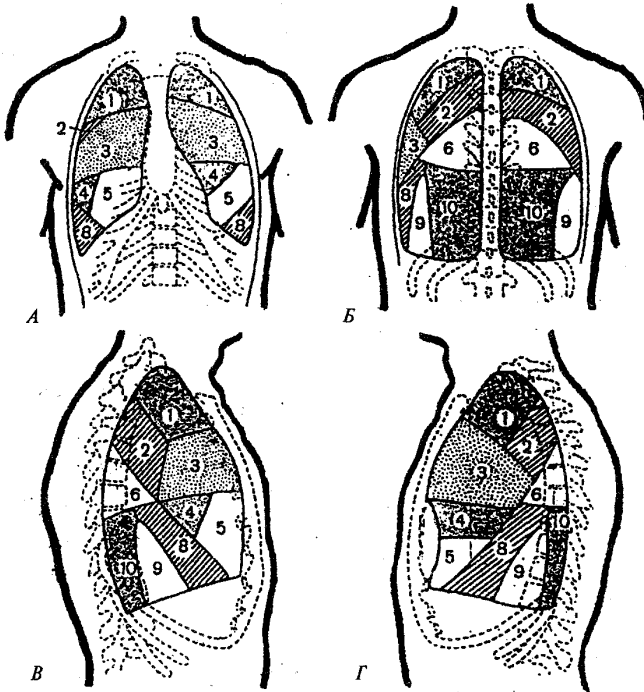


Рис. 7.3. Схема сегментов легкого:
 А – вид спереди; Б – вид сзади; В – правое легкое (вид сбоку);
 Г – левое легкое (вид сбоку)

Для кровоснабжения легочной ткани и стенок бронхов кровь поступает в легкие по бронхиальным артериям из грудной части аорты. Кровь от стенок бронхов по бронхиальным венам отходит в протоки легочных вен, а также в непарную и полунепарную вену. По левой и правой легочным артериям в легкие поступает венозная кровь, которая обогащается кислородом в результате газообмена, отдает углекислый газ и, превратившись в артериальную кровь, по легочным венам стекает в левое предсердие.

Лимфатические сосуды легких впадают в бронхолегочные, а также в нижние и верхние трахеобронхиальные лимфоузлы.

Плевра (pleura) – тонкая гладкая серозная оболочка, которая окутывает каждое легкое.

Различают *висцеральную плевру*, которая плотно срастается с тканью легкого и заходит в щели между долями легкого, и *париетальную*, которая выстилает внутри стенки грудной полости. В области корня легкого висцеральная плевра переходит в париетальную.

Париетальная плевра состоит из реберной, медиастинальной (средостенной) и диафрагмальной плевры. *Реберная плевра* покрывает внутреннюю поверхность ребер и межреберных промежутков, около грудины и сзади около позвоночного столба переходит в *медиастинальную плевру*. Вверху реберная и медиастинальная плевра переходят одна в другую и образуют *купол плевры*, а внизу они переходят в диафрагмальную плевру, которая покрывает диафрагму, кроме центральной части, где диафрагма соединяется с перикардом.

Таким образом, между париетальной и висцеральной плеврой образуется щелевидное замкнутое пространство – *плевральная полость*. В этой полости находится небольшое количество серозной жидкости, которая увлажняет листки плевры при дыхательных движениях легких. В местах перехода реберной плевры в диафрагмальную и медиастинальную образуются углубления – *плевральные синусы*. Эти синусы являются резервными пространствами правой и левой плевральных полостей, а такжеместищем для накопления плевральной жидкости при нарушении процессов ее образования и усвоения.

Между реберной и диафрагмальной плеврой находится реберно-диафрагмальный синус; в месте перехода медиастинальной плевры в диафрагмальную – диафрагмально-медиастинальный синус, а в месте перехода реберной плевры в медиастинальную образуется реберно-медиастинальный синус.

Площадь париетальной плевры больше, чем висцеральной. Левая плевральная полость длиннее и уже, чем правая. Верхняя граница плевры выступает на 3–4 см выше за I ребро. Сзади плевра опускается до уровня головки XII ребра, где переходит в диафрагмальную плевру. Спереди на правой стороне плевра идет от грудиноключичного сустава и опускается до VI ребра и переходит в диафрагмальную плевру. Слева париетальная плевра проходит параллельно правому листку своей плевры до хряща IV ребра, затем отклоняется влево и на уровне VI ребра переходит в диафрагмальную. Нижняя граница плевры представляет собой линию перехода реберной плевры в диафрагмальную. Она пересекает VII ребро среднеключичной линии, IX – по средней подмышечной, затем идет горизонтально, пересекая X и XI ребра, подходит к позвоночному столбу на уровне шейки XII ребра, где нижняя граница переходит в заднюю границу плевры.

Средостение (mediastinum) представляет собой комплекс органов, расположенных между правой и левой плевральными полостями. Спереди средостение ограничено грудиной, сзади – грудным отделом позвоночного столба, с боков – правой и левой медиастинальной плеврой. Вверху средостение продолжается до верхней апертуры грудной клетки, внизу – до диафрагмы. Различают два отдела средостения: верхнее и нижнее.

В *верхнем средостении* находятся вилочковая железа, правая и левая плечеголовые вены, верхняя полая вена, дуга аорты и отходящие от нее сосуды (плечеголовный ствол, левая общая сонная и подключичная артерии), трахея, верхняя часть пищевода, соответствующие отделы грудного лимфатического протока правого и левого симпатических стволов, проходят блуждающий и диафрагмальный нервы.

В *нижнем средостении* находятся перикард с расположенными в нем сердцем, крупными сосудами, главные бронхи, легочные артерии и вены, лимфатические узлы, нижняя часть грудной аорты, непарная и полунепарная вены, средний и нижние отделы пищевода, грудной лимфатический проток, симпатические стволы и блуждающие нервы.

Желудок расположен в верхней части брюшной полости, под диафрагмой и печенью. Три четверти его находятся в левом подреберье, одна четвертая – в надчревной области. Входное кардиальное отверстие располагается на уровне тел X–XI грудных позвонков,

а выходное отверстие привратника – у правого края XII грудного и I поясничного позвонков.

Продольная ось желудка проходит косо сверху вниз, слева направо и сзади вперед. Передняя поверхность желудка в кардиальной части дна и тела соприкасается с диафрагмой, а в области малой кривизны – с левой долей висцеральной поверхности печени. Небольшая часть тела желудка прилегает непосредственно к передней брюшной стенке.

Задняя поверхность желудка по большой кривизне соприкасается с поперечной ободочной кишкой, а в области дна – с селезенкой.

Сзади желудка находится щелевидное пространство – *сальная сумка*, которая отграничивает его от органов, лежащих на задней брюшной стенке: левой почки, надпочечника и поджелудочной железы. Относительно устойчивое положение желудка обеспечивается его соединением с окружающими органами при помощи печеночно-желудочной, желудочно-ободочной и желудочно-селезеночной связок.

Мочеобразование состоит из трех процессов: фильтрации, реабсорбции (обратное всасывание) и канальцевой секреции.

Образование мочи в почке начинается с ультрафильтрации плазмы крови в месте соприкосновения сосудистого клубочка и капсулы нефрона (боуменова капсула, капсула Шумлянского–Боумена) в результате разности давления крови. Из капилляров клубочка вода, соли, глюкоза и другие компоненты крови попадают в полость капсулы. Так образуется клубочковый фильтрат (в нем отсутствуют форменные элементы крови и белки). Через почку за 1 мин проходит около 1200 мл крови, что составляет 25 % всей выбрасываемой сердцем крови. Переход жидкости из клубочка в капсулу за 1 мин называется скоростью клубочковой фильтрации. В норме у мужчин в обеих почках скорость клубочковой фильтрации составляет 125 мл/мин, у женщин – 110 мл/мин, или 150–180 л в сутки. Это первичная моча.

Из капсулы первичная моча поступает в извитые канальцы, где происходит процесс реабсорбции (обратное всасывание) жидкости и находящихся в ней компонентов (глюкозы, солей и др.). Так, в почках человека из каждых 125 л фильтрата назад всасывается 124 л. В результате из 180 л первичной мочи образуется только 1,5–1,8 л конечной. Некоторые конечные продукты обмена (креатинин, мочева кислота, сульфаты) всасываются слабо и проникают

из просвета канальца в окружающие капилляры путем диффузии. Кроме того, клетки почечных канальцев в результате активного переноса выводят достаточное количество ненужных веществ из крови в фильтрат. Этот процесс называется канальцевой секрецией и является единственным способом концентрирования мочи. Падение артериального давления может привести к прекращению фильтрации и образования мочи.

Регуляция мочеобразования осуществляется нервно-гуморальным путем. Нервная система и гормоны регулируют просвет почечных сосудов, поддерживают до определенной величины кровяное давление, способствуют нормальному мочеобразованию.

Гормоны гипофиза оказывают прямое влияние на мочеобразование. Соматотропный и тиреотропный гормоны повышают диурез, а антидиуретический гормон снижает мочеобразование (стимулирует процесс реабсорбции в канальцах). Недостаточное количество антидиуретического гормона вызывает несахарный диабет.

Акт мочеиспускания является сложным рефлекторным процессом и происходит периодически. В наполненном мочевом пузыре моча оказывает давление на его стенки и раздражает механорецепторы слизистой оболочки. Возникшие импульсы по афферентным нервам поступают в головной мозг, из которого импульсы по эфферентным нервам возвращаются в мышечный слой мочевого пузыря и его сфинктера; при сокращении мышц пузыря моча через уретру выделяется наружу.

Рефлекторный центр мочеиспускания расположен на уровне II и IV крестцовых сегментов спинного мозга и находится под влиянием вышележащих отделов головного мозга: тормозные влияния исходят из коры головного мозга и среднего мозга, возбуждающие – из варолиева моста и заднего гипоталамуса. Короткие влияния, обеспечивающие импульс к произвольному акту мочеиспускания, вызывают сокращение мышц мочевого пузыря, в нем возрастает внутреннее давление. Происходит открытие шейки мочевого пузыря, расширение и укорочение задней уретры, расслабление сфинктера. Вследствие сокращения мышц пузыря давление в нем увеличивается, а в уретре уменьшается, что вызывает переход мочевого пузыря в фазу опорожнения и удаления по мочеиспускательному каналу мочи наружу.

Суточное количество мочи (*диурез*) у взрослого человека в норме составляет 1,2–1,8 л и зависит от поступившей в организм жидкости, окружающей температуры и других факторов. Цвет нормальной мочи соломенно-желтый и чаще всего зависит от ее относительной плотности. Реакция мочи слабокислая, относительная плотность 1,010–1,025. В моче содержится 95 % воды, 5 % твердых веществ, основную часть которых составляют мочевины – 2 %, мочевая кислота – 0,05 %, креатинин – 0,075 %. В суточной моче содержится около 25–30 г мочевины и 15–25 г неорганических солей, а также солей натрия и калия. В моче обнаруживаются только следы глюкозы.

Мочеточник (ureter) – парный орган, выполняющий функцию выведения мочи из почки в мочевой пузырь. Он имеет форму трубки диаметром 6–8 мм, длиной 30–35 см. В нем различают брюшную, тазовую и внутритеночную части.

Брюшная часть лежит забрюшинно, идет по средней поверхности большой поясничной мышцы к малому тазу. Правый мочеточник берет начало от уровня нисходящей части двенадцатиперстной кишки, а левый – от двенадцатиперстно-тощого изгиба.

Тазовая часть мочеточника начинается от пограничной линии таза, идет вперед, медиально вниз до дна мочевого пузыря.

В полости малого таза каждый мочеточник находится спереди от внутренней подвздошной артерии. У женщин тазовая часть мочеточника проходит позади яичника, затем мочеточник с латеральной стороны огибает шейку матки и располагается между передней стенкой влагалища и мочевым пузырем. У мужчин тазовая часть находится снаружи от семявыносящего протока, затем пересекает его и входит в мочевой пузырь. Просвет мочеточника в тазовой части несколько сужен.

Конечный отдел (длина 1,5–2,0 мм) тазовой части мочеточника проходит в косом направлении в стенке мочевого пузыря и называется *внутритеночной частью*.

Мочеточник имеет три расширения (поясничное, тазовое и перед входом в мочевой пузырь) и три сужения (в месте перехода из почечной лоханки, при переходе брюшной части в тазовую и перед впадением в мочевой пузырь).

Стенка мочеточника состоит из трех оболочек. Внутренняя слизистая оболочка выстлана переходным эпителием и имеет глубокие

продольные складки. Средняя мышечная оболочка состоит из внутреннего продольного и наружного циркулярного слоев в верхней части, а в нижней – из внутреннего и наружного продольного и среднего кругового слоев. Снаружи мочеточник покрыт адвентициальной оболочкой. Такое строение мочеточника обеспечивает беспрепятственное прохождение мочи из почки до мочевого пузыря.

Мочевой пузырь (vesica urinaria) – непарный полый орган, в котором накапливается моча (250–500 мл); располагается на дне малого таза. Форма и размеры его зависят от степени наполнения мочой.

В мочевом пузыре различают верхушку, тело, дно, шейку. Передняя верхняя часть мочевого пузыря, направленная к передней брюшной стенке, называется *верхушкой мочевого пузыря*. Переход верхушки в более широкую часть пузыря образует *тело пузыря*, которое продолжается вниз и назад и переходит в *дно пузыря*. Нижняя часть мочевого пузыря воронкообразно сужается и переходит в мочеиспускательный канал. Эта часть называется *шейкой пузыря*. В нижнем отделе шейки пузыря находится внутреннее отверстие мочеиспускательного канала.

Стенка мочевого пузыря состоит из гладкой мышечной ткани, полость его выстлана слизистой оболочкой, он покрыт частично соединительно-тканной оболочкой, частично серозной брюшиной. В не наполненном мочой пузыре стенки растянутые, тонкие (2–3 мм), а после опорожнения толщина их достигает 12–15 мм. Слизистая оболочка выстлана переходным эпителием и образует множество складок.

В передней части дна мочевого пузыря находятся три отверстия: два отверстия мочеточников и внутреннее отверстие мочеиспускательного канала. Между ними расположен мочепузырный треугольник, в котором слизистая оболочка плотно срастается с мышечной.

Мышечная оболочка состоит из наружного продольного, среднего циркулярного и внутреннего косопродольного слоев гладких мышечных волокон, тесно связанных между собой. Средний слой в области шейки мочевого пузыря образует вокруг внутреннего отверстия мочеиспускательного канала *мышцу-сжиматель мочевого пузыря*.

Сокращаясь, мышечная оболочка выталкивает мочу наружу через мочеиспускательный канал.

Снаружи мочевого пузыря покрыт соединительнотканной оболочкой, а сверху и частично слева и справа – брюшиной. Спереди мочевого пузыря находится лобковый симфиз, сзади него у мужчин расположены семенные пузырьки, ампулы семявыносящих протоков и прямая кишка, у женщин – матка и верхняя часть влагалища. Нижней поверхностью мочевого пузыря у мужчин прилегает к предстательной железе, у женщин – к тазовому дну.

Мочеиспускательный канал (urethra) предназначен для периодического выведения мочи из мочевого пузыря и выталкивания семени (у мужчин).

Мужской мочеиспускательный канал представляет собой мягкую эластичную трубку длиной 16–20 см. Он берет начало от внутреннего отверстия мочевого пузыря и доходит до наружного отверстия мочеиспускательного канала, которое расположено на головке полового члена.

Мужской мочеиспускательный канал делится на три части: предстательную, перепончатую и губчатую. *Предстательная часть* находится внутри простаты и имеет длину около 3 см. На ее задней стенке расположено продольное возвышение – гребень мочеиспускательного канала. Наиболее выступающая часть этого гребня называется семенным холмиком или семенным бугорком, на верхушке которого находится небольшое углубление – *предстательная маточка*. По сторонам от предстательной маточки открываются устья семявыбрасывающих протоков, а также отверстия выводных протоков предстательной железы.

Перепончатая часть начинается от верхушки предстательной железы и достигает луковицы полового члена; длина ее составляет 1,5 см. В этом месте канал проходит через мочеполовую диафрагму, где вокруг него за счет концентрических пучков поперечнополосатых мышечных волокон образуется произвольный *сфинктер мочеиспускательного канала*.

Губчатая часть – самая длинная (около 15 см) часть мочеиспускательного канала, которая проходит внутри губчатого тела полового члена.

Слизистая оболочка предстательной и перепончатой частей канала выстлана многорядным цилиндрическим эпителием, губчатой части – однослойным цилиндрическим, а в области головки полового члена – многослойным плоским эпителием.

Женский мочеиспускательный канал шире мужского и значительно короче; он представляет собой трубку длиной 3,0–3,5 см, шириной 8–12 мм, открывающуюся в преддверие влагалища. Его функция – выделение мочи.

Как у мужчин, так и у женщин при прохождении мочеиспускательного канала через мочеполовую диафрагму имеется наружный сфинктер, который подчиняется сознанию человека. Внутренний (непроизвольный) сфинктер расположен вокруг внутреннего отверстия мочеиспускательного канала и образован круговым мышечным слоем.

Слизистая оболочка женского мочеиспускательного канала на поверхности имеет продольные складки и углубления – лакуны мочеиспускательного канала, а в толще слизистой оболочки расположены железы мочеиспускательного канала. Особенно развита складка на задней стенке мочеиспускательного канала. *Мышечная оболочка* состоит из наружных круговых и внутренних продольных слоев.

7.2. Роль системы выделения в обеспечении здоровья человека

Под выделением понимают освобождение организма от конечных продуктов обмена, чужеродных веществ, вредных продуктов, токсинов, лекарственных веществ и др. В результате обмена веществ в организме образуются конечные продукты, которые не могут дальше использоваться организмом и поэтому должны удаляться из него. Часть этих продуктов является токсичными для органов выделения, поэтому в организме сформировались механизмы, направленные на превращение этих вредных веществ в безвредные или менее вредные для организма. К органам выделения относятся: почки, легкие, желудочно-кишечный тракт, потовые железы. Выделительные органы выполняют следующие функции:

- удаление продуктов обмена;
- участие в поддержании постоянства внутренней среды организма.

Участие органов выделения в поддержании водно-солевого баланса. Вода в организме выполняет важные функции:

- она создает среду, в которой протекают все метаболические процессы;
- является частью структуры клетки (связанная вода).

Организм человека на 65 %–70 % состоит из воды, т. е. у человека весом 70 кг в организме находится около 45 л воды. Из этого количества 32 л составляет внутриклеточная вода, которая участвует в построении структуры клеток; 13 л – внеклеточная вода, из которой 4,5 л составляет кровь и 8,5 л межклеточная жидкость.

Организм постоянно теряет воду. Через почки в сутки выводится около 1,5 л воды, которая разводит вредные вещества и тем самым уменьшает их токсическое действие. С потоотделением воды теряется около 0,5 л в сутки. Выдыхаемый воздух насыщен водяными парами и в таком виде удаляется 0,35 л воды. С конечными продуктами переваривания пищи удаляется около 0,15 л воды. Таким образом, всего за сутки удаляется около 2,5 л воды. Для сохранения баланса должно поступать в организм такое же количество воды. С продуктами питания и питьем поступает около 2 л воды и 0,5 л воды образуется в организме в результате обменных процессов (обменная вода), т. е. приход воды также равен 2,5 л.

О нарушении водного баланса организма сигнализирует субъективное чувство жажды. *Жажда* возникает при недостаточном поступлении воды в организм или при избыточном ее выделении (усиленное потоотделение, диспепсия), а также при избыточном поступлении минеральных солей, т. е. при повышении осмотического давления крови.

Выделительная функция желудочно-кишечного тракта. Выделительная функция пищеварительного тракта сводится не только к удалению непереваренных остатков пищи, но рассматривается значительно шире. Так, например, со слюной удаляются азотистые шлаки, особенно у больных нефритом. При нарушении тканевого дыхания недоокисленные продукты сложных органических веществ также появляются в слюне. При отравлениях у больных с симптомами уремии наблюдается гиперсаливация (усиленное слюноотделение), которую в определенной степени можно рассматривать как дополнительный выделительный механизм.

Через слизистую оболочку желудка выделяются некоторые красители (например, метиленовый синий или конгорот), что используется для диагностики заболеваний желудка при одновременной гастроскопии. Кроме того, через слизистую желудка удаляются соли тяжелых металлов, лекарственные и другие вещества.

Поджелудочная железа и кишечные железы также экскретируют пурины и лекарственные вещества, соли тяжелых металлов.

Выделительная функция легких. Легкие с выдыхаемым воздухом удаляют такие конечные продукты как углекислый газ и воду. Кроме того, через альвеолы легких удаляется большинство ароматических эфиров. Через легкие удаляются также сивушные масла, что используется для диагностики алкогольного опьянения – с помощью специального индикатора проводится реакция с сивушными маслами.

Выделительная функция кожи. Выделительными органами кожи являются потовые железы, которые удаляют конечные продукты обмена и тем самым участвуют в поддержании многих констант внутренней среды организма. С потом из организма удаляется вода, соли, молочная и мочевая кислоты, мочевины, креатинин и др.

Сальные железы при нормальном функционировании организма не выделяют конечных продуктов обмена. Секрет сальных желез служит для смазывания кожи жиром.

Выделительная функция молочных желез проявляется в период лактации. Поэтому при попадании в организм матери токсических и лекарственных веществ, эфирных масел и т. д. они выделяются с молоком и могут оказывать воздействие на организм ребенка.

Выделительная функция почек. Почки являются главным выделительным органом. Им принадлежит ведущая роль и в поддержании гомеостаза.

Функции почек многообразны. Они принимают участие в регуляции:

- объема крови и других жидкостей внутренней среды;
- постоянства осмотического давления крови и других жидкостей организма;
- ионного состава жидкостей внутренней среды;
- кислотно-основного равновесия;
- экскреции конечных продуктов азотистого обмена;
- экскреции избытка органических веществ, поступающих с пищей или образовавшихся в процессе метаболизма (например, глюкоза, аминокислоты);
- метаболизма белков, жиров и углеводов;
- артериального давления;

- эритропоэза;
- свертывания крови;
- секреции ферментов и физиологически активных веществ.

Методы изучения функции почек. Для изучения функции почек большое значение сыграли методы исследования процесса мочеобразования у животных в условиях, близких к естественным. Этому во многом способствовал разработанный И. П. Павловым метод наложения фистулы мочевого пузыря, усовершенствованный Л. А. Орбели, который предложил способ раздельного выведения через кожу живота отверстий обоих мочеточников.

При исследовании функционального состояния почек производят сопоставление концентрации веществ в крови и в моче, что дает возможность количественно оценить состояние основных процессов, лежащих в основе мочеобразования. Для этих целей применяются методы, основанные на принципе очищения – сравнения концентрации вещества в плазме крови и в конечной моче. Для изучения роли почек в синтезе новых соединений производят сопоставление состава крови почечной артерии и вены.

Изменение функциональных особенностей отдельных участков почечных канальцев с помощью электронной микроскопии, цитохимии, биохимии и электрофизиологии дает возможность изучить механизм функционирования почечной клетки и определить ее роль в выполнении различных функций почки.

Кровоснабжение почки. В обычных условиях через почки проходит около 1/4 объема крови, выбрасываемого сердцем. В корковом веществе почки кровоток достигает 4–5 мл/мин на 1 г ткани – это самый высокий уровень органного кровотока. Особенностью почечного кровотока является то, что кровоток почки остается постоянным при изменении в широких пределах системного артериального давления. Это обеспечивается специальными механизмами саморегуляции кровообращения в почке.

Процесс мочеобразования. Образование конечной мочи является результатом трех процессов: фильтрации, реабсорбции и секреции.

Клубочковая фильтрация. Образование мочи в почках начинается с фильтрации плазмы крови в почечных клубочках. На пути

филтрации воды и низкомолекулярных компонентов плазмы имеют место три барьера:

- эндотелий капилляров клубочка;
- базальная мембрана;
- внутренний листок капсулы клубочка.

При нормальной скорости кровотока крупные молекулы белка образуют барьерный слой на поверхности пор эндотелия, препятствуя прохождению через них форменных элементов и мелкодисперсных белков. Низкомолекулярные компоненты плазмы крови могут свободно достигать базальной мембраны, которая является одной из важнейших составных частей фильтрующей мембраны клубочка. Поры базальной мембраны ограничивают прохождение молекул в зависимости от их размера, формы и заряда. Следовательно, такой многослойный фильтр обеспечивает сохранение форменных элементов и белков в крови, и образование практически безбелкового ультрафильтрата – *первичной мочи*.

8. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

8.1. Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека

Жизнедеятельность любого человека обеспечивается за счёт постоянного взаимодействия с окружающей средой, которая как предоставляет все необходимое для организма, так и оказывает на него воздействие комплексом различных факторов.

Под окружающей средой подразумевается совокупность компонентов природной среды, природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов. Окружающая среда включает в себя среду обитания и производственную среду.

Среда обитания – это непосредственно окружающая человека среда, единый континуум абиотических и биотических факторов различной природы (физических, химических, биологических, психофизиологических, социально-экономических), которые находятся вне организма и способны оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное влияние как на человеческий организм на любом из этапов его онтогенеза, так и на его потомство.

Производственная среда представляет собой ту часть среды обитания, где человек осуществляет свою трудовую деятельность. В структуру производственной среды входит комплекс профессионально обусловленных вредных и опасных факторов и условий, воздействующих на организм человека во время его пребывания на рабочем месте.

Человек и окружающая среда способны гармонично взаимодействовать только при таких условиях, когда потоки вещества, энергии и информации находятся в определенных интервалах. В случае превышения допустимой интенсивности данных потоков возможны проявления негативных эффектов от воздействия на организм человека, техносферу и окружающую среду. Подобные эффекты в естественных условиях могут проявляться при стихийных природных явлениях и значительных флуктуациях климатических условий. В условиях техносферы они, как правило, бывают обусловлены деятельностью человека или компонентами самой техносферы. Вариантами качественной оценки взаимодействий в системе «окружающая среда – человек» являются следующие: во-первых, *комфортное*,

когда потоки вещества, энергии и информации соответствуют оптимальным условиям подобного взаимодействия (оптимальные условия жизнедеятельности, предпосылки для максимальной работоспособности и продуктивности деятельности; гарантия сохранения здоровья человека и целостности элементов среды обитания); во-вторых, *допустимое*, когда указанные потоки при воздействии на человека и среду обитания не обуславливают негативные сдвиги в состоянии здоровья людей, но приводят к состоянию дискомфорта и снижают эффективность их деятельности (допустимый уровень взаимодействия гарантирует отсутствие необратимых негативных эффектов как у людей, так и в окружающей среде); в-третьих, *опасное*, когда потоки превышают допустимые (нормативные) уровни и оказывают неблагоприятное воздействие на состояние здоровья людей, обуславливая при достаточно продолжительной экспозиции заболевания, а также вызывают деградацию элементов окружающей среды и техносферы.

Любой живой организм, включая организм человека, обладает определенным уровнем *резистентности* (сопротивляемости, устойчивости) к воздействию различных факторов окружающей среды и способен переносить их без неблагоприятных последствий до тех пор, пока интенсивность такого воздействия не превышает возможностей адаптации (приспособления). Если указанное воздействие выходит за пределы устойчивости организма, то возникает риск неблагоприятных последствий, в зависимости от масштабов которых факторы окружающей среды подразделяются на опасные и вредные. К *опасным факторам* относят такие факторы, воздействие которых на человека при наличии определенных условий способно вызвать резкое ухудшение состояния здоровья или привести к травме. *Вредным фактором* принято обозначать тот фактор, воздействие которого на человеческий организм в определенных условиях обуславливает возникновение заболевания или снижение работоспособности. К основным эффектам, регистрируемым в исследованиях эпидемиологического типа при изучении воздействия факторов окружающей среды, относятся: *смерть* (необратимый исход); *болезнь* (сочетание симптомов и результатов лабораторных исследований, характеризующих нарушения нормальной жизнедеятельности организма, сопровождающиеся ограничением его адаптационных возможностей и снижением способности к труду);

нетрудоспособность (ограничение привычной для данного индивида жизнедеятельности, пониженный функциональный статус с точки зрения способности быть независимым от других людей и самостоятельно исполнять повседневные функции в бытовой сфере, во время профессиональной деятельности или отдыха; может быть временной или постоянной – общая и профессиональная инвалидность); *преморбидные состояния* – бессимптомные, доклинические (временно компенсированные, скрытые изменения, которые выявляются только с применением специальных чувствительных клинических или лабораторных методов); *дискомфорт* (причиняющие неудобства ощущения – усталость, тошнота, головокружение и др.); *неудовлетворенность жизнью* (может сопровождаться нарушением эмоционального состояния в форме агитации, депрессии и др.).

Важным критерием неблагоприятного воздействия среды на здоровье населения является *профессиональная заболеваемость*, показатели которой характеризуют существующие условия труда. К особенностям профессиональной патологии относится то, что из-за одновременного воздействия нескольких вредных производственных факторов у одного человека могут быть диагностированы по 2–3 и более заболеваний. Например, сочетание вибрации, шума, пыли и физических перегрузок у работника, использующего ручной механизированный инструмент, может привести к возникновению у него таких профессиональных заболеваний, как пневмокониоз, вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость и др. В современной структуре профессиональных заболеваний первое ранговое место занимают заболевания органов дыхания (пневмокониозы и токсико-пылевой бронхит), второе – вибрационная болезнь, третье – заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата, четвертое – нейросенсорная тугоухость. Остальные профессиональные заболевания представлены случаями интоксикаций соединениями свинца, марганца и ртути, хлором, органическими растворителями, а также зооантропонозов (бруцеллез, туберкулез и др.).

Производственно-обусловленная заболеваемость – это заболеваемость нозологическими формами различной этиологии (в основном полиэтиологичными), прямо коррелирующая со стажем работы в неблагоприятных условиях и превышающая таковую в профессиональных группах, не контактирующих с вредными производственными факторами.

8.2. Факторы, влияющие на здоровье

Понятие «здоровье» имеет субъективную и объективную, точнее социальную, «наполняемость», поэтому столь сложно дать однозначное толкование данного термина. Уставом Всемирной организации здравоохранения здоровье определено как «состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только как отсутствие болезни или физических дефектов». По сути в этом определении здоровье представляет собой абстрактное и недостижимое состояние. Кроме того, данное определение представляется идеализированным и субъективным: здоровье – недостижимая, идеальная цель, к которой необходимо стремиться.

По мнению Ю. Е. Вельтищева, полноценное здоровье – это такое состояние организма, при котором функции его систем и органов находятся в состоянии динамического равновесия с внешней средой, отсутствуют какие-либо проявления и риск болезней. Однако здоровье человека представляет собой не только биологическую, но и социальную категорию, то есть возможность осуществления социальных контактов на уровне семьи, коллектива, общества.

Физиолог Р. М. Баевский определяет здоровье как возможность организма человека адаптироваться к изменениям окружающей среды, взаимодействуя с ней свободно, на основе биологической, психической и социальной сущности человека.

И. И. Брехман определял здоровье как «способность человека сохранять соответствующую возрасту устойчивость в условиях резких изменений количественных и качественных параметров триединого потока сенсорной, вербальной и структурной информации».

Исследования эпидемиологического типа позволяют установить причинно-следственные связи между факторами окружающей среды и показателями здоровья населения. Как один из ведущих аналитических инструментов рассматривается интенсивно развивающаяся в последние десятилетия методология оценки риска здоровью.

Таким образом, здоровье можно определить как состояние организма человека, когда функции всех его органов и систем уравновешены с внешней средой и отсутствуют какие-либо болезненные проявления (изменения).

В здоровье выделяют несколько важных компонентов:

1) *физический* – это то, как функционирует организм, уровень его резервных возможностей. Сюда же включается наличие или отсутствие физических дефектов, хронических заболеваний;

2) *психоэмоциональный* – это состояние психической сферы, наличие или отсутствие нервно-психических отклонений, умение понимать и выражать свои чувства, контролировать эмоции, способ выражения отношения к самому себе и окружающим людям;

3) *интеллектуальный* – это то, как человек усваивает информацию, использует ее, эффективность поиска и накопления нужной информации, обеспечивающей развитие личности и ее адаптацию в окружающем мире;

4) *социальный* – осознание личностью себя в качестве субъекта мужского или женского пола и ее взаимодействие с окружающими. Отражает способ общения и отношений с разными группами людей, то есть с обществом;

5) *личностный* – то, как человек осознает себя в качестве личности, как развивается собственное «я», то есть самоощущение и чувство самореализации. Способ самореализации зависит от системы ценностей человека, от того, чего он хочет добиться в своей жизни;

б) *нравственный* – это те основополагающие целевые жизненные установки, которые обеспечивают цельность личности, ее развитие.

С возрастом изменяется вклад каждого из компонентов в целостное здоровье. Здоровье – состояние динамическое. На него способны влиять, как указывалось выше, многочисленные факторы, которые по характеру действия, можно разделить на группы:

1) факторы риска – факторы, потенциально способные в определенных условиях привести к ухудшению здоровья;

2) факторы, ухудшающие здоровье;

3) факторы здоровья – укрепляющие здоровье;

4) факторы, не влияющие на здоровье.

В зависимости от сферы влияния все эти факторы могут быть объединены в четыре основные группы:

1) факторы образа жизни (50 % в общей доле влияния);

2) факторы внешней среды (20 % в общей доле влияния);

3) биологические факторы (20 % в общей доле влияния);

4) факторы медицинского обслуживания (10 % в общей доле влияния).

Очень важно, что в каждом конкретном случае роль того или иного фактора, формирующего здоровье, неодинакова (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Факторы, влияющие на здоровье человека

Сфера влияния	Факторы, укрепляющие здоровье	Факторы риска
Образ жизни	Отсутствие вредных привычек	Курение, алкоголь, наркотики, токсикомания, злоупотребление лекарствами
	Рациональное, сбалансированное питание	Несбалансированное в количественном и качественном отношениях питание
	Адекватная физическая активность	Гиподинамия и гипокинезия, гипердинамия
	Здоровый психологический климат в семье и на работе	Стрессовые ситуации
	Внимательное отношение к своему здоровью	Недостаточная медицинская активность
	Микросреда	
	Хорошие материально-бытовые условия	Плохие материально-бытовые условия
	Оседлый образ жизни	Миграционные процессы
	Макросреда	
	Благоприятные климатические и природные условия	Неблагоприятные климатические и природные условия

Сфера влияния	Факторы, укрепляющие здоровье	Факторы риска
	Экологически чистая среда обитания	Загрязнение окружающей среды
Биологические факторы	Здоровая наследственность	Наследственная предрасположенность и наличие наследственных заболеваний
	Отсутствие возрастных, половых и конституциональных особенностей, способствующих возникновению заболевания; достаточные функциональные резервы организма	Возрастные, половые, конституциональные особенности, влияющие на возникновение заболевания; низкие резервные возможности организма
Организация медицинской помощи	Высокий уровень медицинской помощи	Некачественное медицинское обслуживание

Каждому человеку от рождения дан некий потенциал здоровья, или количество здоровья (некая сумма резервных мощностей функциональных систем жизнеобеспечения). Как будет реализован этот потенциал, зависит не только от человека, но и социума, в который он погружается в те или иные периоды жизни.

Жизнь человека, как и любого другого живого существа, имеет шанс быть продолженной только при условии постоянной адаптации (приспособления) к изменяющимся условиям существования, а они меняются, причем значительно и стремительно.

Таким образом, количество здоровья определяется адаптационными резервами организма как целостной системы.

8.3. Факторы риска и заболеваемость

Факторы риска – это определяющие здоровье факторы, влияющие на него отрицательно. Они благоприятствуют возникновению и развитию болезней. Фактор риска – это признак, который каким-то образом связан в будущем с возникновением заболевания. При этом признак считается фактором риска до тех пор, пока природа его связи остается до конца нераскрытой как вероятностная.

Непосредственные причины заболевания (этиологические факторы) прямо воздействуют на организм, вызывая в нем патологические изменения. Этиологические факторы могут быть бактериальными, физическими, химическими и т. д.

Для развития болезни необходимо сочетание факторов риска и непосредственных причин заболевания. Часто трудно выделить причину болезни, так как причин может быть несколько и они взаимосвязаны.

Число факторов риска велико и растет с каждым годом: в 1960-е гг. их насчитывалось не более 1000, сейчас – примерно 3000. Факторы риска могут относиться к внешней среде (экологические, экономические и др.), самому человеку (повышенный уровень холестерина в крови, артериальная гипертензия, наследственная предрасположенность и др.) и особенностям поведения (курение, гиподинамия и др.). Сочетание нескольких факторов суммирует их эффект. При этом нередко происходит потенцирование итогового результата, когда общее негативное влияние оказывается больше, чем просто сумма отдельных вкладов. Выделяют главные, так называемые большие, факторы риска, т. е. являющиеся общими для самых различных заболеваний: курение, гиподинамия, избыточная масса тела, несбалансированное питание, артериальная гипертензия, психоэмоциональные стрессы и т. д.

Первичные и вторичные факторы риска заболеваний. К первичным факторам относятся факторы, отрицательно влияющие на здоровье: нездоровый образ жизни, загрязнение окружающей среды, отягощенная наследственность, неудовлетворительная работа служб здравоохранения и т. д. К вторичным факторам риска относятся заболевания, которые отягощают течение других болезней: сахарный диабет, атеросклероз, артериальная гипертензия и т. д.

Перечислим основные первичные факторы риска:

Ø нездоровый образ жизни (курение, употребление алкоголя, несбалансированное питание, стрессовые ситуации, постоянное психоэмоциональное напряжение, гиподинамия, плохие материально-бытовые условия, употребление наркотиков, неблагоприятный моральный климат в семье, низкий культурный и образовательный уровень, низкая медицинская активность и т. д.);

Ø повышенный уровень холестерина в крови, артериальная гипертензия;

Ø неблагоприятная наследственность (наследственная предрасположенность к различным заболеваниям, генетический риск – предрасположенность к наследственным болезням);

Ø неблагоприятное состояние окружающей среды (загрязнение воздуха канцерогенами и другими вредными веществами, загрязнение воды, загрязнение почвы, резкая смена атмосферных параметров, повышение радиационных, магнитных и других излучений);

Ø неудовлетворительная работа органов здравоохранения (низкое качество медицинской помощи, несвоевременность оказания медицинской помощи, труднодоступность медицинской помощи).

Понятие медицинской профилактики. С понятием факторов риска тесно связано понятие «профилактика в медицине». Профилактика означает предупреждение, предохранение. Этот термин широко распространен во многих областях науки и техники. В медицине профилактика означает предупреждение возникновения и развития заболеваний. Выделяют профилактику первичную и вторичную. Первичная профилактика призвана предупредить возникновение заболеваний, вторичная – предупредить прогрессирование имеющегося заболевания. Мерами первичной и вторичной профилактики являются медицинские, гигиенические, социальные, социально-экономические и др. Выделяют также профилактику индивидуальную (личную) и общественную, т. е. действия индивидуума и общества для профилактики заболевания.

Главными мерами профилактики являются гигиеническое воспитание и санитарное просвещение, которые занимают одно из ведущих мест. Идеи профилактики заболеваний наряду с диагностикой и лечением зародились в глубокой древности и заключались обычно в соблюдении правил личной гигиены, здорового образа жизни.

Постепенно складывалось представление о первостепенной значимости профилактических мер. В период античности в произведениях Гиппократов и других выдающихся медиков говорилось о том, что легче болезнь предупредить, чем вылечить. Впоследствии это положение разделяли многие врачи, в том числе и русские медики XVIII–XIX вв.

В XIX в., когда были раскрыты причины массовых инфекционных и других заболеваний, возникла потребность в развитии общественно-го здравоохранения (социальной медицины) и профилактика стала главной проблемой общественного здравоохранения.

Средствами медицинской профилактики являются:

- пропаганда здорового образа жизни;
- организация и проведение профилактических прививок;
- периодические и целевые медицинские осмотры;
- диспансеризация;
- гигиеническое воспитание и т. д.

Акцент должен делаться на первичной профилактике, так как предупредить заболевание значительно легче, чем вылечить.

9. АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА К ВРЕДНЫМ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

9.1. Общие принципы и механизмы адаптации

Под *адаптацией* понимают все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности, которые обеспечиваются определенными физиологическими реакциями, происходящими на клеточном, органном, системном и организменном уровнях.

Процесс адаптации – это приспособление строения и функций организма к условиям существования. В процессе адаптации формируются признаки и свойства, которые оказываются наиболее выгодными для живых существ (или целой популяции) и благодаря которым организм приобретает способность к существованию в конкретной среде обитания. Адаптация человека – сложный социально-биологический процесс, в основе которого лежит изменение систем и функций организма, а также привычного поведения.

Адаптация человека процесс двухсторонний – человек не только сам приспособляется к новой экологической обстановке, но и приспособливает эту обстановку к своим нуждам и потребностям, создает систему жизнеобеспечения (жилище, одежда, транспорт, инфраструктура, питание и т. д.

Некоторые факторы труда, условия и виды занятости (продолжительность рабочего дня, недели, степень тяжести труда, сочетание нескольких видов занятости) носят постоянный характер при воздействии на человека и связаны с его физическим и психическим здоровьем. Они могут влиять на здоровье наряду с другими социальными факторами.

Трудовой процесс осуществляется в определенных условиях производственной среды, которые характеризуются совокупностью элементов и факторов материально-производственной среды, влияющих на трудоспособность и состояние здоровья человека в процессе работы.

Производственная среда и факторы трудового процесса составляют в совокупности условия работы. На здоровье человека, его жизнедеятельность большое влияние оказывают опасные и вредные факторы.

Опасность – это следствие такого действия некоторых факторов на человека, которое при их несоответствии физиологическим характеристикам последнего предопределяет феномен самой опасности.

Опасный фактор – это действие на человека, которое в определенных условиях приводит к травме, а в отдельных случаях – к внезапному ухудшению здоровья или к смерти.

Вредный фактор – это действие на человека, которое в определенных условиях приводит к заболеваниям или снижению трудоспособности.

К значимым признакам опасных и вредных факторов относятся следующие:

- возможность непосредственного отрицательного действия на организм человека;
- осложнение нормального функционирования органов человека;
- возможность нарушения нормального состояния элементов производственного процесса, в результате которого могут возникнуть аварии, взрывы, пожары, травмы.

Материальными носителями вредных и опасных факторов являются объекты, которые формируют трудовой процесс, входят в него, а также включают общежизненные факторы окружающей среды; предметы работы; средства работы (машины, станки, инструменты, сооружения, помещение, земля, пути, каналы и т. п.); продукты работы; технологии, операции, действия; природно-климатическую среду (гроза, наводнение, атмосферные осадки, солнечная активность, физические параметры атмосферы и т. д.); флору и фауну.

Опасные и вредные факторы, влияющие на человека, делятся на три группы: активные, страдательно-активные и пассивные.

К группе активных опасных и вредных факторов относятся такие, которые могут оказать воздействие на человека за счет заключенных в них энергетических ресурсов.

Эта группа факторов подразделяется на следующие подгруппы:

1) механические, которые характеризуются кинетической и потенциальной энергией и механическим влиянием на человека. К ним относятся кинетическая энергия подвижных элементов, потенциальная энергия; шум; вибрация; ускорение; гравитационное тяготение; невесомость; статическое напряжение; дым, туман, пыль в воздухе; аномальное барометрическое давление и др.;

2) термические, которые характеризуются тепловой энергией и аномальной температурой; к ним принадлежат температура нагретых и охлажденных предметов и поверхностей, температура открытого огня и пожара, температура химических реакций и других источников; к этой группе относятся также аномальные микроклиматические параметры – влажность, температура и подвижность воздуха, которые приводят к нарушению терморегуляции организма;

3) электрические: электрический ток, статический электрический заряд, электрическое поле, аномальная ионизация воздуха;

4) электромагнитные: радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, ионизирующие излучения, магнитные поля;

5) химические: ядовитые, отравляющие вещества, а также нарушение естественного газового состава воздуха, наличие вредных примесей в воздухе;

6) биологические: опасные свойства микро- и макроорганизмов, продукты жизнедеятельности людей и других биологических объектов;

7) психофизиологические: стресс, чрезмерное перенапряжение, усталость, неблагоприятная психологическая обстановка и др.

Существенное значение для производительности труда и охраны здоровья имеют направленность производственной деятельности, конкретные производственные операции, орудия труда, формы организации труда и др. Каждый из этих показателей требует определенных физических и психофизиологических качеств.

Производительность труда, состояние здоровья и уровень работоспособности человека в значительной мере зависят от воздействия факторов внешней производственной среды. Эти факторы в отдельности и особенно в комплексе могут оказывать неблагоприятное влияние на организм человека в процессе производственной деятельности. К ним, в частности, относятся метеорологические условия (микроклимат), шум, вибрация, укачивание, радиационное излучение, освещенность рабочего места, психологическая напряженность, режим труда и др.

Метеорологические факторы характеризуются сочетанием температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Систематические отклонения от нормального (комфортного) метеорологического режима в производственных помещениях приводят к хроническим простудным заболеваниям, заболеваниям

суставов, тепловым ударам, судорогам, стрессовым состояниям. Нарушается тепловой баланс, снижается способность к умственной и физической работе, когда меняется температура внешней среды.

Физическая тренировка и закаливание повышают устойчивость организма человека к резко меняющимся погодным условиям, к изменению микроклимата, значительно сокращают период акклиматизации и способствуют более быстрому восстановлению умственной и физической работоспособности после утомления. Например, при проведении работ на станциях техобслуживания, в автомастерских человеческий организм подвергается воздействию резких перепадов температуры воздуха и атмосферного давления, а также воздействию шума, вибрации, газовых потоков – все это может приводить к общим и профессиональным заболеваниям.

Резкое изменение барометрического давления, например, может сопровождаться нарушением функции вестибулярного аппарата и среднего уха, потерей координации движений. Отрицательное воздействие на органы слуха и нервную систему оказывает также высокий уровень шума. Под воздействием вибрации может развиваться так называемая вибрационная болезнь, когда снижается острота зрения, тактильная, тепловая и болевая чувствительность, поражаются кровеносные сосуды, происходят нежелательные изменения в суставах и т. д.

Физическая подготовленность приобретает большое значение при необходимости адаптироваться к вибрации и укачиванию, которые могут существенно снижать производительность труда и даже приводить к полной потере работоспособности.

В настоящее время в результате негативных последствий развития атомной энергетики интенсивность радиационного излучения по сравнению с естественным фоном значительно увеличена. В связи с этим весьма важным является вопрос о возможности повышения стойкости организма человека к действию проникающей радиации посредством специальной физической подготовки.

Исследования показывают, что при не смертельных дозах лучевое поражение физически тренированных людей будет относительно более легким, выздоровление пойдет быстрее, работоспособность восстановится раньше.

Освещение рабочего места – один из важнейших факторов трудовой деятельности. Главные проблемы, связанные с органами

зрения, на производстве касаются адекватности и удобства освещения. Достаточная (оптимальная) освещенность рабочего места положительно влияет на органы зрения, снижает утомление. Неудовлетворительное освещение вызывает преждевременное утомление, глазные болезни, головные боли и может быть причиной травматизма.

Общие закономерности адаптивного процесса. Механизмы адаптации. Фазное течение реакций адаптации, впервые выявлено Г. Селье (1938). *Первая фаза адаптации – аварийная* – развивается в самом начале действия как физиологического, так и патогенного фактора. Первое соприкосновение организма с измененными условиями или отдельными факторами вызывает ориентировочную реакцию, которая может перейти в генерализованное возбуждение параллельно. Реакции неэкономны и часто превышают необходимый для данных условий уровень. Число измененных показателей в деятельности различных систем неоправданно велико. Управление функциями со стороны нервной системы и гуморальных факторов недостаточно синхронизировано, вся фаза в целом носит как бы поисковый характер и представляется как попытка адаптироваться к новому фактору или к новым условиям, главным образом за счет органных и системных механизмов.

Аварийная фаза адаптации в основном протекает на фоне повышенной эмоциональности (чаще отрицательной модальности). Следовательно, в механизмы протекания этой фазы также включаются все элементы центральной нервной системы, которые обеспечивают именно эмоциональные сдвиги в организме. Данная фаза может быть выражена по-разному, в зависимости не только от индивидуальных особенностей организма, но и от силы раздражающих факторов. Соответственно она может сопровождаться сильно или слабо выраженным эмоциональным компонентом, от которого в свою очередь зависит мобилизация вегетативных механизмов.

Вторая фаза (переходная) – стойкой адаптации – характеризуется тем, что формируются новые координационные отношения: усиленный эфферентный синтез приводит к осуществлению целенаправленных защитных реакций. Гормональный фон изменяется за счет включения гипофизарно-адреналовой системы, усиливают свое действие гормоны коры надпочечников – «гормоны адаптации». В ходе этой фазы приспособительные реакции организма постепенно переключаются на более глубокий тканевой уровень. Переходная

фаза стойкой адаптации имеет место только при том условии, что адаптогенный фактор обладает достаточной интенсивностью и длительностью действия. Если он действует кратковременно, то аварийная фаза прекращается и процесс адаптации не формируется. Если адаптогенный фактор действует длительно или повторно, прерывисто, это создает достаточные предпосылки для формирования так называемых «структурных следов». Суммируются эффекты действия факторов. Углубляются и нарастают метаболические изменения, и аварийная фаза адаптации превращается в переходную, а затем в фазу стойкой адаптации.

Поскольку фаза стойкой адаптации связана с постоянным напряжением управляющих механизмов, перестройкой нервных и гуморальных соотношений, формированием новых функциональных систем, то эти процессы в определенных случаях могут истощаться. Если принять во внимание, что в ходе развития адаптивных процессов важную роль играют гормональные механизмы, то становится ясно, что они являются наиболее истощаемым звеном.

Истощение управляемых механизмов, с одной стороны, и клеточных механизмов, связанных с повышенными энергетическими затратами, с другой, приводит к дезадаптации. Симптомами этого состояния являются функциональные изменения в деятельности организма, напоминающие те сдвиги, которые наблюдаются в фазе острой адаптации.

Вновь в состояние повышенной активности приходят вспомогательные системы – дыхание, кровообращение, неэкономично тратится энергия. Однако координация между системами, обеспечивающими состояние, адекватное требованию внешней среды, осуществляется неполноценно, что может привести к гибели.

Дезадаптация возникает чаще всего в тех случаях, когда действие факторов, явившихся основными стимуляторами активных изменений в организме, усиливается, и это становится несовместимым с жизнью.

Основу третьей фазы – устойчивой адаптации, или резистентности, – составляет изменение гормонального фона за счет включения гипофизарно-адреналовой системы. Глюкокортикоиды и выделяемые в тканях биологически активные вещества мобилизуют структуры, в результате деятельности которых ткани получают повышенное энергетическое, пластическое и защитное

обеспечение. Адаптация (приспособление) характеризуется новым уровнем деятельности тканевых клеточных мембранных элементов, перестроившихся благодаря временной активации вспомогательных систем, которые при этом могут функционировать практически в исходном режиме, тогда как тканевые процессы активизируются, обеспечивая гомеостазис, адекватный новым условиям существования.

Основными особенностями этой фазы являются:

- 1) мобилизация энергетических ресурсов;
- 2) повышенный синтез структурных и ферментативных белков;
- 3) мобилизация иммунных систем.

В третьей фазе организм приобретает неспецифическую и специфическую резистентность – устойчивость организма.

Механизмы адаптаций человека весьма различны, поэтому применительно к человеческим общностям выделяют: 1) биологические, 2) социальные 3) этнические (как особый вариант социальной адаптации).

Биологическая адаптация человека – эволюционно возникшее приспособление организма человека к условиям среды, выражающееся в изменении внешних и внутренних особенностей органа, функции или всего организма к изменяющимся условиям среды. В процессе приспособления организма к новым условиям выделяют два процесса *фенотипическую*, или *индивидуальную*, адаптацию, которую более правильно называют акклиматизацией, и *генотипическую адаптацию*, осуществляемую путем естественного отбора полезных для выживания признаков. При фенотипической адаптации организм непосредственно реагирует на новую среду, что выражается в фенотипических сдвигах, компенсаторных физиологических изменениях, которые помогают организму сохранить в новых условиях равновесие со средой. При переходе к прежним условиям восстанавливается и прежнее состояние фенотипа, компенсаторные физиологические изменения исчезают. При генотипической адаптации в организме происходят глубокие морфофизиологические сдвиги, которые передаются по наследству и закрепляются в генотипе в качестве новых наследственных характеристик популяций, этнических групп и рас.

В процессе индивидуальной адаптации человек создает запасы памяти и навыков, формирует векторы поведения в результате

образования в организме на основе селективной экспрессии генов банка памятных структурных следов.

Социальная адаптация – процесс становления личности, обучения индивида и усвоения им ценностей, норм, установок, образцов поведения, присущих данному обществу, социальной общности, группе. Социальная адаптация осуществляется как в ходе целенаправленного воздействия на человека в системе воспитания, так и под влиянием широкого круга других воздействующих факторов (семейного и внесемейного общения, искусства, средств массовой информации и др.). Расширение и углубление социальной адаптации индивида происходит в трех основных сферах: деятельности, общения, самосознания. В сфере деятельности осуществляется как расширение видов последней, с которыми связан человек, так и ориентировка в системе каждого вида деятельности, т. е. выделение главного в ней, ее осмысления и т. д.

Этническая адаптация – приспособление этнических групп (общностей) к природной и социально-культурной среде районов их обитания. Изучение этого процесса и связанных с ним проблем входит главным образом в задачу этнической экологии. В социально-культурной адаптации этносов много своеобразного, обусловленного языково-культурными, политическими, экономическими и другими параметрами окружающей среды. Резкое изменение среды обитания может привести к дезадаптации.

Каждое новое поколение адаптируется заново к широкому спектру иногда совершенно новых факторов, требующих выработки новых специализированных реакций.

9.2. Меры повышения устойчивости организма

Одним из важнейших способов предотвращения заболевания острыми респираторными инфекциями является повышение невосприимчивости организма путем общего укрепления организма, в том числе и иммунной системы. Использование естественных сил природы в процессе физического воспитания является системное и комплексное закаливание. Совместно с различными средствами физического воспитания оно помогает сохранять и укреплять здоровье человека, улучшает деятельность различных органов и их систем, повышает способность организма переносить внешние

колебания температуры среды без отрицательных последствий, оказывает положительное влияние на физическую и умственную работоспособность.

Закаливание организма – это комплекс мероприятий по повышению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных погодных-климатических условий. Современные комфортные условия жилища, одежда, транспорт уменьшают воздействие меняющихся условий погоды на организм человека, снижают устойчивость по отношению к метеорологическим факторам. Являясь важной частью физического воспитания, закаливание организма восстанавливает эту устойчивость. Закаливание организма основано на способности адаптации организма человека к меняющимся условиям окружающей среды.

Закаливающий эффект достигается путем систематического воздействия того или иного фактора и постепенного повышения их дозировки, так как только при этих условиях развиваются приспособительные изменения в организме: совершенствуются обменные процессы, повышается общая сопротивляемость организма к воздействию неблагоприятных факторов. Систематическое дозирование воздействия холодом повышает устойчивость к действию низких температур, а теплом – к действию высоких.

Сущность закаливания к холоду заключается в постепенности нарастания степени охлаждения. У людей, привыкших к холоду, теплообразование происходит более интенсивно, что обеспечивает лучшее кровоснабжение кожи, повышает устойчивость к инфекционным заболеваниям и отморожениям. Закаливание организма к холоду может быть достигнуто рациональным использованием солнца и воздуха (солнечные и воздушные ванны) и воды (водные процедуры).

Солнечный свет обладает мощным стимулирующим и закаливающим действием. Солнечной радиацией лучше пользоваться в виде рассеянных солнечно-воздушных ванн. Воздушная ванна повышает обменные функции организма, укрепляет сосуды, нервы кожи, возбуждает мозговую деятельность, улучшает работу сердца, повышает общий тонус организма.

Наиболее эффективными являются водные процедуры: обливания, обливания, душ, купания. Их следует начинать при комнатной температуре воды, постепенно от процедуры к процедуре понижая температуру и увеличивая ее длительность.

При высокой температуре окружающей среды возникает *опасность перегрева организма* (тепловой удар). В результате многократного и длительного воздействия тепла устойчивость к высокой температуре воздуха повышается: увеличивается теплоотдача организма за счет усиления потоотделения и изменения состава пота. Благодаря улучшению теплоотдачи учащение пульса во время работы в условиях жаркого климата бывает умеренным, работоспособность не падает.

Режим закаливания организма устанавливает врач с учетом возраста, индивидуальных особенностей и состояния здоровья.

Устойчивость организма к действию различных условий окружающей среды зависит от врожденных и приобретенных свойств организма. Она очень изменчива и в определенной мере поддается оптимальной тренировке как средствами физических нагрузок, так и различными внешними воздействиями (температурными колебаниями, недостатком кислорода в воздухе и др.), различают специфический и неспецифический механизмы повышения устойчивости функций организма.

Специфический механизм сводится к тому, что повышение устойчивости к данному фактору развивается при повторяющемся действии этого же фактора. Например, устойчивость к перегреванию развивается в условиях повторяющегося воздействия высокой температуры.

Неспецифический механизм повышения устойчивости можно проиллюстрировать так называемым явлением *переноса*. Под этим термином понимают явление, когда тренировка одних систем приводит к одновременному укреплению других систем. Так, упражнение мышц левой руки оказывает положительное влияние на проявление силы, быстроты, выносливости при следующей работе правой руки. Высокий уровень выносливости при физической работе может обеспечивать повышение этого качества при умственной работе.

Особую роль в повышении устойчивости организма имеет *физическая тренировка*. При этом мышечная деятельность вызывает постоянные значительные колебания внутренней среды организма (интенсивность обменных процессов, температурный режим, перераспределение кровоснабжения тканей и т. д.). Поэтому физическая тренировка является одним из факторов, оказывающих

тренирующие воздействия на адаптационные механизмы, и расширяет диапазон колебаний окружающей среды, к которым организм может приспособиться.

Физическая тренировка оказывает разностороннее влияние на *психические функции*, обеспечивая их активность и устойчивость. Основа устойчивости психики закладывается в детском возрасте. При этом значение двигательной функции для развития речи и мышления особенно ярко раскрывается на ранних этапах онтогенеза (индивидуального развития). Из медицинской практики известно, что дети, по тем или иным причинам обездвиженные с раннего возраста, отстают в своем умственном развитии от сверстников, в частности их словарный запас намного беднее.

Имеются многочисленные данные изучения у тренированных и нетренированных лиц устойчивости внимания, памяти, способности к устному счету различной сложности, восприятия, некоторых сторон мышления. Установлено, что устойчивость изученных параметров умственной деятельности находится в прямой зависимости от уровня разносторонней физической подготовленности. При этом для сохранения высокого уровня психических функций (смелости, решительности и т. п.) преимущественное значение имеют быстрота, сила, выносливость и ловкость.

Рассмотрим влияние физических упражнений на устойчивость организма к неблагоприятным условиям деятельности. *Умственная работоспособность* в меньшей степени ухудшается под воздействием неблагоприятных факторов (изоляция, гиподинамия, неблагоприятного микроклимата и др.), если в этих условиях соответствующим образом применять физические упражнения. Высокая физическая тренированность обеспечивает и в неблагоприятной обстановке сохранение достаточного уровня работоспособности.

При систематических занятиях физическими упражнениями, особенно если занятия проводятся на свежем чистом воздухе, в значительной степени ликвидируется умственное утомление.

Активная тренировка способствует более высокой *статокинетической устойчивости*, которая лежит в основе укачивания. Состояние укачивания возникает на различных средствах передвижения: при плавании на морских и речных судах, при полетах в самолетах и вертолетах, при езде на поездах и автомобилях, при следовании лифтом. Укачивание является своеобразной реакцией

организма человека на действие инерционных сил при передвижении. Укачивание приводит к снижению, а подчас и полной потере работоспособности человека как умственной, так и физической.

Наиболее эффективными методами повышения статокINETической устойчивости организма являются плавание стилем кроль с вращением головы вокруг продольной оси тела, прыжки в воду, занятия баскетболом, футболом, катание на коньках, гимнастика и др. При систематических тренировках (в течение 2–3 месяцев) устойчивость к укачиванию повышается на 50 %–80 % по сравнению с исходным уровнем. Достигнутый эффект сохраняется длительное время (до 6 месяцев).

Вибрации относятся к факторам, обладающим большой биологической активностью. Патологическое состояние организма, возникшее в результате действия вибрации, определяют как профессиональное заболевание – вибрационная болезнь (у операторов, работающих с ручными вибрационными машинами). Сама вибрация обладает механической активностью, приводящей к изменению (нарушению) естественных биологических процессов. И в то же время в определенных условиях вибрация может явиться стимулятором полезных биологических процессов и отдельных функций. В настоящее время в практику входит *вибротерапия*. Полезные вибрации возникают и при занятиях физическими упражнениями, особенно во время бега на «бегущей дорожке», лента которой перемещается по роликам, создаются вибрационные толчки, способствующие тонизированию сосудов, мышц и сохранению архитектоники костей.

Для искусственной стимуляции деятельности мышц у лиц, ведущих малоподвижный образ жизни, используется *вибромассаж*. И поскольку при снижении двигательной активности человека страдает интеллектуальная деятельность, то при помощи вибрационного воздействия стимулируется не только мышечная деятельность, но и эмоциональная и умственная активность.

Универсальным средством повышения резервных возможностей организма в рассмотренных случаях являются регулярные физические упражнения, которые способствуют повышению устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды. Многократно повторяющиеся мышечные нагрузки способствуют более рациональной перестройке внутренних процессов в организме в соответствии с меняющимися погодными и геофизическими факторами.

Здоровый сон. Недостаток сна негативно влияет на здоровье человека. Старайтесь спать семь-восемь часов в сутки, ложиться в одно и то же время и обеспечить в спальне максимально комфортную атмосферу. Недостаток сна влияет на выработку иммунных клеток, которые играют важную роль в механизме иммунного ответа (при нарушениях сна количество этих клеток сокращается, при этом способность организма противостоять чужеродным микроорганизмам заметно снижается). Кроме того, как и сколько мы спим, влияет на то, как быстро мы восстановимся, если все-таки заболеем.

Правильное питание. Иммунная защита организма напрямую зависит от того, что вы едите. Так, белковая пища обеспечивает организм аминокислотами, необходимыми для образования антител и других агентов иммунитета. Качественные жиры важны для построения иммунных клеток, а углеводы дают энергию для функционирования иммунной системы. Старайтесь потреблять разнообразную пищу, в основе которой лежат продукты, как животного, так и растительного происхождения, так как они содержат пищевые полезные вещества, одинаково необходимые нашему организму. Пища должна восполнять потребности организма не только в калориях, но и в витаминах и микроэлементах. Максимально разнообразьте свой рацион, старайтесь ежедневно употреблять в пищу хлеб и хлебобулочные изделия, зерновые продукты, картофель, бобовые, овощи и фрукты (предпочтительно в свежем виде), молоко и молочные продукты, мясо птицы, рыбу. Следует ограничить употребление слишком сладких и слишком соленых продуктов. Необходимо соблюдать правильный режим питания с равномерным распределением пищи в течение дня, с исключением приема пищи в позднее вечернее и ночное время.

Огромным шагом к укреплению вашего здоровья является отказ от вредных привычек, полный отказ от курения и употребления алкоголя благоприятно сказывается на всех функциях человеческого организма.

9.3. Стресс и адаптационный синдром

Одним из достижений современной медицины является раскрытие важной роли эндокринных желез, в частности системы «гипофиз – корковое вещество надпочечных желез», в адаптации

организма к действию патогенных факторов. Широкую известность приобрела теория канадского ученого Ганса Селье о стрессе.

Термином «стресс» (от англ. stress – напряжение) обозначают неспецифическую реакцию организма, возникающую под влиянием любых сильных воздействий (стрессоров) и сопровождающуюся перестройкой защитных систем организма. Селье обратил внимание на то, что, несмотря на разнообразие стрессоров (травма, инфекция, переохлаждение, интоксикация, наркоз, мышечная нагрузка, сильные эмоции и т. д.), все они приводят к однотипным изменениям в вилочковой, надпочечных железах, в лимфатических узлах, составе крови и обмене веществ. В опытах на крысах он наблюдал типичную триаду, которая включает гипертрофию коркового вещества надпочечных желез, инволюцию вилочково-лимфатического аппарата и геморрагические язвы на слизистой оболочке желудка и двенадцатиперстной кишки.

Стресс проявляется в виде общего адаптационного синдрома, который состоит из трех последовательных стадий: реакции тревоги, стадии резистентности и стадии истощения. Реакция тревоги означает немедленную мобилизацию защитных сил организма. Она состоит из фазы шока и противошока. В фазе шока наблюдаются гипотония мышц и артериальная гипотензия, гипотермия, гипогликемия, сгущение крови, эозинопения, повышение проницаемости капиллярных сосудов. Инволюция лимфоидной ткани, отрицательный азотистый баланс, язвенные поражения желудка свидетельствуют о преобладании процессов катаболизма. Фаза противошока характеризуется изменениями в обратном направлении (повышение артериального давления, мышечного тонуса, содержания глюкозы в крови), ведущими к развитию следующей стадии – стадии резистентности. Основное патогенетическое звено фазы противошока – это стойкое усиление секреции кортикотропина и кортикостероидов. В стадии резистентности гипертрофируется корковое вещество надпочечных желез и секреторируется большое количество гормонов, активизируются анаболические процессы, усиливается гликонеогенез.

Защитные реакции организма, обуславливающие возможность жизни при стрессе, Селье назвал синтоксическими. При длительном действии повреждающего агента адаптация нарушается. Истощение функциональных резервов и атрофия коркового вещества

надпочечных желез, снижение артериального давления, распад белковых веществ характеризуют переход стадии резистентности в стадию истощения (дистресс). Исход стресса зависит от соотношения силы и длительности действия стрессора и потенциальных возможностей защитных сил организма.

Биологическое значение адаптационного синдрома заключается не только в том, что во второй, наиболее длительной его стадии повышается резистентность организма по отношению к фактору, вызвавшему состояние стресса, но и в том, что при не очень сильном и длительном стрессе может создаваться или повышаться неспецифическая резистентность организма к различным другим факторам. Она проявляется в повышенной выживаемости после воздействия летальных агентов или же в уменьшении воспаления, предупреждении гиперэргических реакций, поражении сердца, почек и других органов, возникающих под влиянием патогенных факторов. Например, кровопусканием (стрессор) можно ослабить воспаление, вызванное внутривенным введением формалина. Мышечное напряжение или травма защищает животное от некроза в миокарде, вызываемого внутривенной инъекцией протеолитических ферментов. Кортикотропин и кортикостероиды играют в формировании неспецифической резистентности ведущую роль, поэтому их называют адаптивными гормонами. Систематическое воздействие на организм слабых и умеренных раздражителей (например, холодный душ, физические упражнения) поддерживает готовность эндокринной системы к адаптивным реакциям.

Недостаточность адаптации или ее отклонения в противоположную сторону являются, по Селье, причиной развития болезней адаптации. Экспериментальное подтверждение этого положения состоит в возникновении гипертензии, нефросклероза, гиалиноза органов, усилении воспалительных реакций после введения больших доз дезоксикортикостерона, который обладает провоспалительными свойствами. Введение животным гликотероидов (противовоспалительные гормоны) тормозит воспаление, но в то же время подавляет иммунные реакции, вызывает язвенное поражение желудка и двенадцатиперстной кишки, создает условия для возникновения некроза миокарда. Недостаточность секреции гликотероидов способствует гиперэргическому течению иммунных процессов, снижает устойчивость к болезнетворным воздействиям. К болезням адаптации Селье

относит ревматизм, бронхиальную астму, некоторые болезни почек, сердца и сосудов, ряд кожных и других заболеваний. В их возникновении большое значение придается кондициональным (обуславливающим) факторам. Этими факторами могут быть переохлаждение, перегревание, физическое переутомление, отягощенная наследственность, избыточное потребление поваренной соли. Совместное введение кортикостероидов и натрия хлорида создает фон, на котором различные раздражители вызывают некротические изменения в сердечной мышце.

Теория Г. Селье возникла на основе изучения эндокринных механизмов приспособительных реакций организма. Между тем еще раньше трудами У. Кеннона, Л. А. Орбели и их учеников было создано учение об адапционно-трофической роли симпатической части вегетативной нервной системы в защитно-компенсаторных реакциях. Некоторые проявления стресса (появление язв) наблюдаются у гипофизэктомированных животных. Следовательно, невозможно сводить все разнообразие этих проявлений к одной только гормональной перестройке. Стресс является сложной нервно-гуморальной реакцией, в развитии которой принимают участие нервная система и эндокринные железы. Вместе с тем следует подчеркнуть, что теория Г. Селье оказала и продолжает оказывать большое влияние на развитие медицины. Она дала теоретическое обоснование кортикостероидной терапии. На основе этой теории разработан новый подход к проблеме старения, получила объяснение неспецифическая терапия (кровопускание, аутогемотерапия, иглоукалывание). Основные положения этой теории успешно разрабатываются и в настоящее время.

10. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

10.1. Законы и закономерности гигиены

Объектом изучения гигиены являются как отдельный здоровый человек, так и коллективы практически здоровых людей. Главной категорией, характеризующей состояние практически здорового человека, является здоровье. Это понятие 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, имеющим 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 суток, без воды – до 5 суток, без воздуха – не более 5 минут.

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 сохранения здоровья.* Нарушение уровня здоровья людей (снижение резистентности, иммунного статуса, адаптационно-компенсаторных возможностей организма, болезней), 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, исключающий употребление алкогольных напитков, наркотиков, курение, другие вредные привычки, включающий 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^2 площади и 1 м^3 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 нормативов допустимых выбросов предприятия (НДВ), группы предприятий. Под НДВ 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, гигиенических нормативов 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,

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 зоб, флюороз, урвовская 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.

10.2. Влияние загрязнения среды обитания на здоровье населения

Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения. Наиболее частыми загрязнителями атмосферного воздуха 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 иммунозащитной 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.

Взвешенные вещества	15,2	Оксид углерода	4,7
Бенз(а)пирен	13,9	Аммиак	3,7
Фенол	10,4	Бензол	2,6
Диоксид азота	53,0	Свинец	2,4
Водород фтористый	5,3	Оксид азота	1,5
Сероуглерод	5,1	Сероводород	1,4
Формальдегид	4,9		

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.

Известны случаи подъема заболеваемости населения, связанные с кратковременным увеличением концентрации токсичных веществ в воздухе. 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.

Загрязнение атмосферного воздуха ухудшает санитарно-гигиенические условия жизни населения, что проявляется в снижении прозрачности атмосферы, уменьшении естественной освещенности, туманообразовании. Последнее обусловлено конденсацией паров влаги на взвешенных частицах пыли с формированием устойчивой пылегазовой смеси. Такие туманы длительно сохраняются, отражаясь на самочувствии людей, они способствуют

ухудшению здоровья и работоспособности населения, увеличению числа уличных травм.

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. Снижается роль зеленых насаждений как источника кислорода и фитонцидов, ослабляется их ветрозащитное действие. Загрязнение воздуха оказывает неблагоприятное эстетическое воздействие, население жалуется на быстрое загрязнение стекол, мебели, одежды, гибель комнатных растений, неприятные запахи, невозможность проветривания жилищ и т. д.

Если состояние воздушной среды производственных помещений в значительной мере определяется технологическим процессом, то воздушная среда жилых и общественных зданий определяется составом атмосферного воздуха и специфическими загрязнителями. Это загрязнители антропогенного происхождения (диоксид углерода, аммиак, аммонийные соединения, сероводород, индол, скатол, летучие жирные кислоты и т. д.); токсические вещества (фенол, формальдегид, трибутилфосфат и т. д.), выделяемые в воздух из полимерных строительных и отделочных материалов; загрязнители, связанные с хозяйственно-бытовым процессом (продукты сжигания газа, моющие средства и пр.). В итоге состояние воздушной среды в помещении определяется степенью коммунального благоустройства, санитарно-гигиеническим состоянием помещения, эффективностью вентиляции, плотностью заселения и т. д.

Таким образом, загрязнение атмосферного воздуха стало важной проблемой, и только проведение необходимых технических, санитарно-гигиенических, законодательных и других мероприятий сможет освободить человека от вредного воздействия загрязнения атмосферного воздуха.

Основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций (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_{Мр}).

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, 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. В настоящее время потребность в пресной воде составляет около 1300 км³/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. Все это делает эффективное водоснабжение населения ведущей проблемой современности.

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. Для возникновения этих заболеваний благоприятны неорганизованные природные условия для распространения и выживания в объектах окружающей среды инфекционного возбудителя, технические нарушения на водозаборных, водоочистных сооружениях и водопроводах, несоблюдение элементарных норм личной гигиены.

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 и 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. 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 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 с выраженными канцерогенными свойствами. Нитрозамины оказывают также токсическое действие, а некоторые из них обладают мутагенными и тератогенными 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 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.

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 беспрерывно протекают самые разнообразные сложные процессы разрушения и 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, 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.

Таким образом, 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 накопления 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 с повышенным содержанием бора в окружающей среде, особенно в растениях. 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 не свойственных 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. Так, более 12 000 км² занято выбросами одного из предприятий цветной металлургии. Содержание в почве этого района свинца, мышьяка, цинка, меди, серы превышает данные контрольных участков в 2,5–200 раз. Загрязнение почвы тяжелыми металлами обусловило в радиусе 5 км от завода загрязнение грунтовых вод (ПДК выше нормы в 1,2–8,3 раза), а также привело к накоплению этих металлов в растениях и продуктах питания. Овощи, зерновые, выращенные на этой территории, имеют пониженную пищевую ценность, поэтому население получает с местными продуктами питания меньше белков, углеводов, витамина С. Люди, проживающие вблизи данных предприятий, систематически получают с пищей повышенные количества свинца (в среднем 0,7 мг), более 16 мг цинка, 2,5 мг меди и 0,5 мг мышьяка. Это способствовало повышению заболеваемости периферической нервной системы, печени, кожи и слизистых оболочек.

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.

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.

Для оценки выбросов автотранспорта на почву используют результаты химического анализа образцов почвы, отобранных на различных расстояниях в пределах 100 м по обеим сторонам магистрали. Загрязнения по мере увеличения расстояния от полотна дороги снижаются, но определенное отклонение от этой закономерности свойственно соединениям цинка, максимальное содержание которого нередко регистрируется на некотором расстоянии от проезжей части. Загрязнение почв тяжелыми металлами в придорожной полосе связано с продолжительностью эксплуатации дорог. В поверхностном (до 5 см) слое почвы 7–16-метровой придорожной зоны при интенсивном движении до 10 000 транспортных единиц в сутки содержится около 600–1000 мг/кг железа, 20 мг/кг цинка, 10 мг/кг свинца, 0,2 мг/кг кадмия.

Большое влияние на состав почвы оказывает химизация сельского хозяйства. В гигиеническом отношении особое значение имеют пестициды, очень устойчивые к воздействию внешних факторов. Систематическое применение пестицидов ведет к их накоплению в атмосферном воздухе, воде и почве, продуктах растительного и животного происхождения, организме человека. К таким препаратам относятся хлорорганические соединения, в частности ДДТ.

Почва имеет большое эпидемиологическое значение. В ней могут находиться и передаваться человеку контактными и непрямые (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 и их влиянием на здоровье человека. В табл. 10.1 приведены приоритетные загрязняющие почву химические вещества и очередность их контроля. Санитарная охрана почвы населенных мест представляет собой комплекс мероприятий для предупреждения и устранения таких изменений состава и свойств почвы, которые могут оказать вредное влияние на здоровье и самочувствие людей.

Ингредиенты, подлежащие контролю в почвах

Этап контроля	Промышленные предприятия	Сельское хозяйство	Транспорт
1	Бенз(а)пирен, ртуть, свинец, кадмий, никель, кобальт, молибден, ванадий, медь, мышьяк, цинк, хром, сурьма, селен, фтор	Хлорорганические пестициды: ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ, гексахлорбензол, полихлор-пирен, полихлор-камфен, полихлор-бифенилы	
2	Соединения серы, кислотность некультивированных почв, формы металлов в почве, нефтепродукты, состояние микрофлоры почв	Фосфорорганические пестициды: фозалон, метафос, карбофос, хлорофос, фосамид. Гербициды: 2,4 Д, атразин, симазин, пропазин	Свинец и бенз(а)-пирен вблизи автомагистралей
3	Элементарный состав загрязнения почв твердыми отходами, органические токсичные соединения металлов, другие токсичные органические соединения. Наблюдения за изменениями физико-химического состава почвы	Токсические вещества, поступающие в почву в результате применения удобрений	

Из сказанного следует, что почва имеет большое гигиеническое значение и в неблагоприятных случаях может быть источником заболеваний людей.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества K_c , который определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве C_i (мг/кг почвы) к региональному фоновому значению $C_{\phi i}$:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}},$$

и суммарный показатель загрязнения Z_c , равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов загрязнителей и выраженный формулой

$$Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{ci}) - (n - 1),$$

где n – число определяемых суммируемых веществ;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Основные задачи санитарной охраны почвы: сохранение естественных свойств почвы; предупреждение внесения в почву токсичных, канцерогенных веществ с выбросами и отходами промышленных предприятий и пестицидами, применяемыми в сельском хозяйстве.

11. ВРЕДНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ТРУДА

11.1. Влияние метеорологических условий на организм человека и его работоспособность

Под метеорологическими условиями подразумевается совокупность факторов атмосферных явлений: температуры, влажности, подвижности воздуха, атмосферного давления. Сюда же можно отнести инфракрасное излучение (тепло), ультрафиолетовое (солнечное) излучение, геомагнитное поле, ионизацию воздуха. В гигиеническом отношении метеорологические условия представляют собой комплекс физических факторов окружающей среды, влияющих на теплообмен организма и его тепловое состояние.

Метеорологические условия в основном определяются климатом и погодой. Под климатом подразумевается устоявшееся многолетнее состояние погоды, характерное для данной местности, обусловленное ее географическим расположением. Климат может быть холодным, умеренным и жарким. Погода – это временное состояние метеорологических условий, которое определяется в данной местности и в данном месте. Погода может быть солнечной, дождливой, сухой, пасмурной и пр.

Гигиеническое значение климата. Климат, являясь важнейшим компонентом окружающей природной среды, влияет на характер хозяйственной деятельности человека, его быт, условия жизни, здоровье, структуру и уровень заболеваемости. От климата зависит распространение различных возбудителей и их переносчиков, с чем связано географическое распространение многих болезней. Поэтому климатические условия учитываются при гигиенических рекомендациях по гражданскому (жилые здания, больницы, санатории и др.) и промышленному строительству, обеспечению рационального питания, одежды, обуви, режима труда и быта, предупреждению возникновения и обострения различных заболеваний.

Важнейшими климатообразующими факторами в той или иной местности являются географическая широта, высота над уровнем моря, рельеф и тип земной поверхности, особенности циркуляции

воздушных масс, близость к морям и океанам. Влияние на климатические условия оказывает и многообразная производственная деятельность человека.

Показатели, характеризующие климат, отражают долгосрочные процессы, поэтому они являются средними статистическими данными, характеризующими температуру, влажность воздуха, количество выпадающих осадков, атмосферное давление, розу ветров и их скорость, количество солнечного излучения, ясных и пасмурных дней, световой климат, длительность зимы, глубину промерзания почвы в течение многолетнего периода. В зависимости от основных климатологических показателей и с учетом географического положения местности на земном шаре различают семь основных климатических поясов.

Существует несколько видов классификаций климата. Для строительных работ удобно классифицировать территорию страны по признаку средних температур января и июля, выделив четыре климатических района: I – холодный, II – умеренный, III – теплый, IV – жаркий. Эта классификация учитывается при решении вопросов планировки и застройки населенных мест, ориентации зданий, толщины стен, расчета отопления, величины оконных проемов, глубины залегания водопроводных труб, озеленения и т. д.

В медицинской практике используется деление климата на щадящий и раздражающий. Щадящим принято считать теплый климат с малыми амплитудами температуры, со сравнительно небольшими годовыми, месячными и суточными колебаниями других метеорологических факторов. Раздражающий климат характеризуется значительной суточной и сезонной амплитудой колебаний метеорологических факторов, поэтому предъявляет используемым механизмам и приспособлениям повышенные требования.

Гигиеническое значение погоды. Погода характеризуется тем же комплексом показателей, что и климат. Погода влияет на физиологическое состояние человека. Различные сочетания компонентов метеорологических условий могут иметь негативные последствия в самочувствии и возникновении определенных заболеваний у человека, которые называют метеопатическими.

Жаркая безветренная погода с высокой влажностью воздуха вызывает напряжение терморегуляционных механизмов, поэтому физиологические изменения в организме могут привести к перегреву организма. Низкая температура, высокая влажность воздуха

и сильный ветер могут привести к охлаждению организма и способствовать увеличению частоты легочных заболеваний, ангин, воспалительных заболеваний почек и др. При сочетании компонентов метеорологических факторов, приводящих к интенсивному переохлаждению (сильные морозы с ветром или относительно низкая температура воздуха и сырость), могут возникать отморожения, причем сочетание низкой температуры с сыростью ведет к отморожению нижних конечностей («траншейная стопа»).

Погодные условия имеют значение в распространении инфекционных заболеваний. Например, в жаркие дни создаются условия, благоприятствующие возникновению пищевых отравлений микроorganизменного происхождения.

Одной из важнейших особенностей метеорологических условий следует считать их неустойчивость, постоянную изменчивость, независимую от воли человека. В этих случаях большинство здоровых людей с хорошо развитыми физиологическими приспособительными механизмами не отмечают в своем самочувствии или состоянии изменений, связанных с переменной погоды. Такие люди называются метеоустойчивыми или метеостабильными. Однако есть люди чувствительные к изменениям погоды. Это так называемые метеолабильные, или метеочувствительные, люди. У большинства таких людей неблагоприятная погода вызывает ухудшение общего самочувствия, нарушение сна, чувство тревоги, головокружение, снижение работоспособности, быструю утомляемость. Резко меняется артериальное давление, ощущается боль в области сердца, часто снижается чувствительность к лекарственным препаратам.

Доказано, что неблагоприятная погода отрицательно сказывается на течении многих заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, эндокринной системы, пищеварительного тракта, кожных, глазных, нервно-психических заболеваний. Имеются данные об увеличении в связи с неблагоприятной погодой числа случаев недонашивания беременности, уличного и других видов травматизма, автокатастроф, убийств, самоубийств.

Неблагоприятные температурные условия (высокая или очень низкая температура) ухудшают условия труда на открытых площадках, например, рабочих-строителей, монтажников, лесорубов, сельскохозяйственных работников.

Реакции организма в ответ на воздействие микроклимата многообразны в своем проявлении. Но все они характеризуются общей чертой – возникают одновременно у многих людей, которых объединяет только метеорологическая обстановка. При этом более выраженная реакция наблюдается тогда, когда адаптационные ресурсы у людей снижены, например, вследствие сезонных колебаний ультрафиолетовой или витаминной обеспеченности организма, недостаточности питания, переутомления, различных заболеваний.

В настоящее время разрабатываются критерии медицинского прогнозирования погоды, выражающиеся в предсказании действия на человека ожидаемой погоды, в целях предупреждения возможных отрицательных реакций организма. Одним из таких показателей является индекс неустойчивости погоды:

$$K = a / b,$$

где a – число дней с переменами погоды;

b – общее число дней в наблюдаемом периоде (сезон, год).

Индекс $K > 0,5$ расценивается как неблагоприятный.

Неблагоприятное влияние погоды можно предупредить соответствующими мероприятиями. Из них особого внимания заслуживают, прежде всего, меры по поддержанию благоприятного микроклимата среды обитания человека, а также закаливание организма, правильный выбор одежды, улучшение санитарно-бытовых условий и условий труда работников, отдыха и быта населения.

Гигиеническое значение производственного микроклимата. Производственным микроклиматом называется та совокупность составных частей метеорологических условий, которая может быть на данном предприятии, в данном производственном помещении на данном рабочем месте. Другими словами, под микроклиматом понимают оптимальное состояние среды, обуславливающее благоприятное теплоощущение человека и зависящее от температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, температуры ограждающих поверхностей. На формирование производственного микроклимата существенное влияние оказывают технологический процесс, климат и погода местности.

Тепловое состояние можно оценить по субъективным и объективным показателям. Субъективная оценка отражает личную характеристику данным работником своего теплового состояния. При такой оценке обычно используют семь характеристик теплоощущений: очень холодно, холодно, прохладно, комфортно, тепло жарко и очень жарко. В субъективной оценке теплового самочувствия человека при неблагоприятном микроклимате применяют дополнительные характеристики, такие как душно, влажно, ветрено и т. п.

Более сложной и ответственной является объективная оценка фактического теплового самочувствия человека. С этой целью может быть использован расчетный метод определения теплового состояния, основанный на сопоставлении величин теплопродукции и теплоотдачи в предполагаемых или реальных условиях. Тепловое состояние человека и его количественные показатели характеризуются соотношением величин теплопродукции, теплоотдачи, что обуславливает состояние теплового баланса. Физиологическое значение теплового гомеостаза заключается в том, что жизнедеятельность человека сопровождается образованием тепла. Даже в состоянии покоя взрослый человек продуцирует 3,34–6,27 кДж на 1 кг массы тела за час, что за сутки при массе тела 60 кг составит ориентировочно $4,81 \cdot 60 \cdot 24 = 6926$ кДж.

Теплопродукция в зависимости от характера и тяжести выполняемой человеком работы, а также условий внешней среды и состояния его здоровья может значительно увеличиваться, достигая 1000–2000 кДж и более за час. Очевидно, что при отсутствии адекватной теплоотдачи температура тела человека за относительно короткий промежуток времени может увеличиться и, достигнув 42 °С–44 °С, привести к гипертермии. Для предотвращения этого у человека сформировался сложный динамичный механизм терморегуляции. Благодаря такому механизму обеспечивается температурный диапазон возможного существования человека, находящийся в пределах 25 °С–43 °С при физиологической норме 36 °С–37 °С.

Очень важным условием поддержания физиологического теплового гомеостаза является адекватная отдача тепла во внешнюю среду путем излучения, проведения (конвекции), контакта и испарения с поверхности тела, составляющих 85 %–90 % всей величины теплоотдачи. В комфортных условиях отдача тепла излучением

составляет 40 %–45 %, проведением – 30 %–40 %, испарением – 10 %–15 %. Однако эти соотношения, как и его конкретные величины, определяются главным образом физическими свойствами среды пребывания (работы) человека, характеристикой которой является микроклимат.

Есть две группы показателей, которые являются исходными при определении теплового состояния человека в тех или иных условиях микроклимата. Первая касается человека, вырабатывающего тепло. К ней относятся: площадь поверхности тела, средняя температура тела, величина теплопродукции за час. Площадь тела для «стандартного» человека (рост 170 см, масса 70 кг) принимают равной 1,8 м², нормальную среднюю температуру тела – 36,6 °С. В потерях тепла путем конвекции и испарения принимает участие 100 % поверхности кожи, излучением – 80 % (если имеется односторонний внешний источник, излучающий тепло, то по отношению к нему в теплоотдаче излучением участвует 40 % поверхности тела). Максимальная влажность при средней температуре кожи 36 °С равна 57,8 ГПа (44,2 мм рт. ст.).

Вторая группа показателей характеризует микроклимат помещения, в котором находится человек: температура воздуха, средняя температура от нагревателя, скорость движения воздуха, абсолютная влажность воздуха.

Суммарные теплотери ($Q_{\text{сум}}$, Вт/(м²·К) человека в данных микроклиматических условиях рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{сум}} = Q_p + Q_k + Q_{\text{исп}},$$

где Q_p – теплоотдача излучением, Вт/(м²·К);

Q_k – теплоотдача конвекцией, Вт/(м²·К);

$Q_{\text{исп}}$ – теплоотдача испарением, Вт/(м²·К).

Теплотери различными путями рассчитываются по специальным формулам. Упрощенная базовая формула для расчета таких теплотерь имеет следующее выражение:

$$Q = K (t_1 F_1 - t_2 F_2) SCF_B V_B,$$

где Q – теплоотдача тем или иным путем, кДж/ч;

K – теплотехнический коэффициент;

t_1 – средняя температура тела, °С;

t_2 – средняя температура от нагревателя или температура воздуха помещения, °С;

F_1 – максимальная влажность при средней температуре тела, ГПа;

F_2 – абсолютная влажность при данной температуре воздуха помещения (F_1 и F_2 используются вместо t_1 и t_2 при расчете теплопотерь испарением), ГПа;

S – площадь тела, м²;

C – коэффициент, указывающий на процент площади тела, участвующей в данном виде теплоотдачи;

F_b – относительная влажность воздуха, %;

V_b – скорость движения воздуха в помещении, м/с.

Приведенная формула для каждого вида теплоотдачи имеет различное выражение. Это обусловлено отличиями в механизме отдачи тепла и зависимости ее от количественных значений отдельных факторов, формирующих условия микроклимата. Так, на теплоотдачу излучением практически влияет только средняя излучающая температура ограждающих поверхностей; на теплоотдачу конвекцией, кроме разности температур поверхности кожи и воздуха, – его влажность и скорость; на теплоотдачу испарением – соотношение (разность) максимальной влажности при средней температуре поверхности кожи и абсолютной влажности окружающего воздуха.

Таким образом, оценить микроклимат помещения и адекватность теплопотерь человека в данном помещении можно с помощью соответствующего расчета.

Воздействие неблагоприятного производственного микроклимата на состояние здоровья работников имеет особенности. Различают два вида патологических реакций на температурный дискомфорт: перегрев и охлаждение. В соответствии с этим различают охлаждающий, нагревающий и соответствующий нормативным требованиям (оптимальный и допустимый) производственный микроклимат.

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в окружающую среду над величиной теплопродукции организма, приводящее к образованию общего и/или локального дефицита тепла в теле человека ($>0,87$ кДж/кг).

В таких условиях, особенно в зимний период, трудятся многие работники. На открытом воздухе работают строители, лесозаготовители, рыбаки, железнодорожники, сельскохозяйственные работники. Много людей осуществляют трудовую деятельность в недостаточно отапливаемых помещениях. В понятие охлаждающего микроклимата входят низкая температура, повышенные влажность и подвижность воздуха, отсутствие инфракрасного излучения. Организм человека в таких условиях интенсивно отдает тепло через контакт кожи с влагой воздуха, конвекционным путем через быстрый сьем теплого воздуха с кожных покровов и замену его холодным воздухом извне, а также непосредственной потерей тепла организмом, имеющим температуру выше температуры окружающих предметов.

Организм работника испытывает сильное напряжение в виде дискомфортных ощущений, так как увеличение подвижности воздуха на 1 м/с повышает ощущение холода на 1,5 °С–2,0 °С. Одновременно увеличиваются функция внешнего дыхания на 15 %–20 %, потребление кислорода и энергозатраты до 30 %. Повышаются тонус и сокращение периферических кровеносных сосудов, давление в малом кругу кровообращения, что ведет к увеличению нагрузки на сердечную мышцу. У работников наблюдаются боли во всем теле, нервно-психические отклонения, появляется скованность движений, чувство тяжести одежды. Такие симптомы испытывают около половины работников. Все это ведет к снижению работоспособности. Если она от воздействия холода снижается более чем на 13 %, это уже представляет опасность для организма человека. Более 80 % лиц, работающих на открытом воздухе в условиях охлаждающего микроклимата, имели холодовые травмы. В большинстве своем это были обморожения ушей, носа, пальцев и их сочетания. Примерно у 20 % обмороженных травмы оцениваются как тяжелые.

Производственно-обусловленная заболеваемость под воздействием холода у работников достаточно выражена. Показатели некоторых заболеваний у них увеличиваются в несколько раз по сравнению с показателями у лиц, работающих в благоприятном макроклимате: легочные заболевания – в полтора–три раза, болезни уха, горла, носа – более чем в два раза. Число заболеваний сердечно-сосудистой системы возрастает до 50 %, причем артериальная гипертония увеличивается на 30 %–90 %, а ишемическая болезнь

сердца в три-четыре раза. Средняя продолжительность одного случая заболевания увеличивается почти на 20 %. Наблюдается повышение числа людей с болезнями эндокринной системы и язвенной болезнью. Женщины и подростки переносят влияние охлаждающего микроклимата хуже, чем мужчины.

Процесс адаптации (привыкания организма) к холоду очень длительный. В течение первых пяти–семи лет она очень неустойчива и лишь по прошествии десяти лет наступает устойчивая адаптация, но не у всех работников. Необходимо указать на те профессиональные заболевания и производственные травмы, которые обусловлены неблагоприятным воздействием охлаждающего микроклимата.

Обморожение следует рассматривать как производственную травму (несчастный случай). Его главные клинические признаки – побеление обмороженной части тела и потеря ее чувствительности. Эти травмы возникают у лиц, работающих при температуре воздуха ниже 0 °С, сильном ветре, повышенной влажности воздуха.

Под влиянием холодого фактора могут развиваться профессиональные заболевания: облитерирующий эндартериит и вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз).

Облитерирующий эндартериит (перемежающаяся хромота) – это заболевание, причиной которого является сужение артериальных сосудов, чаще нижних конечностей. Больные жалуются на повышенную утомляемость ног, онемение пальцев стоп, боли в икроножных мышцах, ощущение холода конечностей, на ногах ослаблена пульсация артерий, отмечается бледность кожных покровов. В дальнейшем возможны изъязвления на коже и гангренозные изменения.

Вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз) – это заболевание неврососудистого характера, возникающее чаще на руках и реже на ногах. Его ранним признаком служит повышенная зябкость пальцев, что сопровождается приступообразными болевыми ощущениями, ползанием мурашек. Кожные покровы приобретают синеватый оттенок, становятся отечными. Наблюдается повышенная ранимость кожи пальцев, могут появиться язвенные процессы на кожных покровах. Заболевание обычно располагается на небольшом участке пораженной конечности и характеризуется периодами затухания и возобновления.

Мерами предотвращения отрицательного влияния охлаждающего микроклимата являются соблюдение рационального режима труда и периодического обогрева в отапливаемых помещениях, прекращение работы под открытым небом при установленных законом критических значениях температуры и подвижности воздуха для данной местности, применение теплой и непромокаемой спецодежды и спецобуви. В помещениях и кабинах должны быть устройства для их отопления, т. е. для поддержания соответствующих нормативам значений производственного микроклимата.

С целью выявления ранних признаков данных заболеваний раз или два в год следует проводить медицинские осмотры работников. Заболевших целесообразно отстранить от работы в условиях холода и назначить лечение. Гражданин, поступающий на работу в условиях охлаждающего микроклимата, медицинской комиссией к данной работе не должен быть допущен, если он имеет хроническое заболевание сосудов и периферической нервной системы.

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины ($>0,87$ кДж/кг) и/или увеличение доли потерь тепла испарением пота (>30 %) в общей структуре теплового баланса, появлении общих или локальных дискомфортных ощущений (слегка тепло, тепло, жарко).

В этих условиях трудятся работники горячих цехов на металлургических, машиностроительных предприятиях, в промышленности строительных материалов, на пищевых, целлюлозно-бумажных производствах и все работники, чья трудовая деятельность протекает в жаркое время года под открытым небом.

В понятие нагревающего микроклимата входят повышенные температура и влажность, отсутствие движения воздуха, наличие нагретых поверхностей и инфракрасного излучения (лучистого тепла).

В условиях нагревающего микроклимата затрудняется отдача тепла, происходит его накопление. Для поддержания постоянства деятельности организма человека основные функциональные изменения претерпевают функции теплообмена (терморегуляторная функция) и сердечно-сосудистой системы. Возможно некоторое повышение температуры тела и потоотделение, усиливается потеря массы тела вследствие выведения воды при потоотделении,

изменяется обмен веществ. Наблюдается учащение пульса, понижение кровяного артериального давления, ослабляется сократительная способность мышц сердца в 2–3 раза увеличивается частота дыхания. Указанные изменения приводят к снижению работоспособности вследствие преждевременного наступления утомления. В дальнейшем при продолжении работы в таких условиях, особенно с физическими перегрузками, может возникнуть производственная травма – тепловой и солнечный удар, которые относятся к несчастным случаям.

Производственно-обусловленная заболеваемость у работников в условиях нагревающего микроклимата представлена заболеваниями основных систем организма работающего человека. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности у данных работников в полтора-два раза выше, чем у лиц, работающих в помещениях с нормальным микроклиматом, особенно это относится к заболеваниям язвенной болезнью, органов дыхания, мочеполовой системы, по которым показатели заболеваемости на 30 %–50 % превышают показатели у работников группы сравнения. Женский организм и организм подростков более чем мужской чувствителен к воздействию нагревающего микроклимата.

Адаптация к нагревающему микроклимату происходит медленно, и лишь через год можно ожидать появления ее начальных признаков. Профессиональные причины производственных травм теплового и солнечного ударов различны.

Тепловой удар возникает у работников в тех помещениях, где имеет место резко нагревающий микроклимат, обусловленный прежде всего высокой температурой воздуха. Пострадавший жалуется на головную боль, головокружение, общую слабость, жажду, потемнение в глазах. Температура тела доходит до 38 °С–39 °С, дыхание обычно учащается, как и пульс, возможна потеря сознания.

Солнечный удар наблюдается у работников под открытым небом и связан с воздействием интенсивного инфракрасного излучения на головной мозг. Клинические проявления примерно такие же, как при тепловом ударе с добавлением возможности наступления возбужденного состояния у пострадавшего и отсутствия повышения температуры тела. В обоих случаях требуется экстренная медицинская помощь.

Под воздействием нагревающего микроклимата может возникнуть такое профессиональное заболевание как перегрев, который

проявляется как в виде теплового удара, так и в виде другой патологии – судорожного состояния. Последнее развивается в результате непрерывного обезвоживания организма работника. Судороги возникают в икроножных, бедренных мышцах, мышцах верхних конечностей. При осмотре пострадавшего наблюдаются сухость кожи, заостренные черты лица, учащенный пульс, сниженное кровяное артериальное давление и мочеиспускание. Больного необходимо отстранить от выполняемой работы и назначить лечение.

Катаракта (помутнение хрусталика) как профессиональное заболевание глаз развивается под воздействием инфракрасного излучения (лучистого тепла), которое создают расплавленные металлы и смеси. Катаракту можно также обнаружить у работников, имеющих контакт с лазерным, электромагнитным излучениями, некоторыми химическими соединениями. Больные отмечают появление темных пятен в поле зрения и снижение его остроты, искажение контуров рассматриваемых предметов, «засвечивание» глаз при ярком свете. Только при медицинском осмотре глазным врачом обнаруживается помутнение хрусталика. Оно обычно не поддается обратному развитию и такому работнику целесообразно оставить свою работу, так как возможно ухудшение зрения.

Оздоровительные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия нагревающего микроклимата заключаются в теплоизоляции нагретых агрегатов, применении вентиляции, использовании комнат для периодического охлаждения работников, соответствующей спецодежды, рациональных режимах труда и отдыха и питьевого водоснабжения. На рабочих местах необходимо добиваться установленных предельно допустимых нормативов метеорологических условий. Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин указано в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч		
	Iа–Iб	IIа–IIб	III
32,5	1	–	–
32,0	2	–	–
31,5	2,5	1	–

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч		
	Ia–Iб	IIa–IIб	III
31,0	3	2	–
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	–	7	5,5
27,0	–	8	6
26,5	–	–	7
26,0	–	–	8

Профилактика. Оценка параметров микроклимата проводится в соответствии с СанПиН «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях». В этом документе изложены оптимальные и допустимые параметры микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом тяжести и срока выполнения работы, периодов года и методы их измерения.

В целях защиты от возможного перегревания или переохлаждения работников время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену), не отвечающих допустимым значениям по показателям температуры воздуха, должно быть значительно ограничено.

Предварительные (перед поступлением на работу) и периодические (раз в полгода, год, два) медицинские осмотры проводятся во избежание возникновения профессиональных и повышения уровня производственно-обусловленных заболеваний. На работы, где имеется нагревающий микроклимат, нельзя принимать лиц с хроническими повторяющимися заболеваниями глаз, выраженной вегетативно-сосудистой дистонией и катарактой (помутнение хрусталика глаза).

Основные направления рекомендаций по оздоровлению условий труда следующие: совершенствование технологических процессов с учетом гигиенических требований, снижение интенсивности

тепловых излучений, тепловыделений, влаговыделений от оборудования путем его герметизации, изоляции, устройства местных отсосов; совершенствование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, рациональные организация труда и размещение рабочих мест; организация физиологически обоснованных режимов труда и отдыха, питьевого режима; обеспечение работников индивидуальными средствами защиты.

11.2. Виброакустические факторы

Вибрация. Вибрация, шум, ультразвук и инфразвук по своей физической природе – механические колебания твердых тел, газов и жидкостей. Внедрение новых технологических приемов и операций, механизация производственных процессов, увеличение мощности и скоростей перемещения и вращения оборудования и его элементов, транспорта сопровождаются более интенсивным возникновением механических колебаний, а значит, растет число лиц, подвергающихся воздействию данного фактора.

Физические характеристики вибрации. Вибрация является физическим фактором, действие которого определяется передачей человеку механической энергии от источника колебаний. Вибрация – это сложный колебательный процесс, обладающий широким диапазоном частот. Основными физическими параметрами, характеризующими вибрацию, являются скорость, ускорение, смещение.

В нормативных документах разных стран в качестве физического критерия приняты ускорение и колебательная скорость. В нашей стране скорость вибрации принята в качестве физического критерия при гигиеническом нормировании вибрации. Вибрации, встречающиеся в производственных условиях, различаются по способу передачи и направлению воздействия на человека, а также по физическим свойствам.

Воздействие вибрации. Тело человека, благодаря наличию мягких тканей, костей, суставов, внутренних органов и особенностей конфигурации представляет собой сложную колебательную систему, механическая реакция которой на вибрационное воздействие зависит от параметров вибрационного воздействия.

В настоящее время изучены распространение вибрации по телу в зависимости от точки приложения колебаний (сидя, стоя, через

руку) и возникающие при этом механические эффекты. Определены резонансные частоты между отдельными системами организма. Понятие резонанса в приложении к воздействию вибрации на человека означает свойство человеческого тела колебаться синхронно с передаваемым извне вибрационным воздействием, усиливать эту вибрацию и обостренно ощущать ее воздействие. Понятие резонанса имеет большое значение, так как можно предполагать, что при резонансных частотах человек в наибольшей степени чувствителен к воздействию вибрации. В диапазоне частот 4–8 Гц и особенно 5 Гц человеческое тело в целом (торс) испытывает резонанс при вертикальных колебаниях. В горизонтальной плоскости резонанс наступает при колебаниях в диапазоне 1–2 Гц. Кроме того, отдельные части тела имеют свои резонансные частоты. На резонанс тела наряду с его массой влияют такие факторы как размер, поза и степень напряжения скелетной мускулатуры.

Пороги восприятия вибрации. Согласно современным представлениям вибрация воспринимается многочисленными механорецепторами, заложеными в коже, мышцах человека.

Пороги вибрационной чувствительности повышаются при охлаждении, ишемии и динамической нагрузке. С увеличением стажа работы увеличиваются как абсолютные величины порогов вибрационной чувствительности, так и число лиц с нарушениями виброощущения. Постоянные сдвиги порогов вибрационной чувствительности у работников со стажем работы 10 лет численно приблизительно равны временным сдвигам порогов практически здоровых лиц со стажем до года при определении к концу рабочего дня.

Вибрация в зависимости от ее параметров может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на отдельные ткани и организм в целом. С физиотерапевтической целью вибрацию используют для улучшения питания кровообращения в тканях при лечении некоторых заболеваний. Однако производственная вибрация, передаваясь здоровым тканям и органам и имея значительную амплитуду и продолжительность действия, оказывается вредно влияющим фактором.

Сопутствующие факторы, усугубляющие вредное воздействие вибрации на организм: чрезмерные мышечные нагрузки (осевые усилия достигают до 400 Н), шум высокой интенсивности (сочетание действия вибрации и шума способствует более ранним поражениям

как органа слуха, так и других систем организма), охлаждающие метеорологические условия.

Длительное влияние вибрации, особенно в сочетании с комплексом других вредных производственных факторов, приводит вначале к функциональным, а потом и выраженным патологическим нарушениям в организме работников.

Влияние вибрации на организм человека. Вибрационная болезнь – это одно из наиболее часто встречающихся профессиональных заболеваний. Оно может быть вызвано локальной (местной) общей производственной вибрацией, и характеризуется поражением нервной и сердечно-сосудистой систем и опорно-двигательного аппарата.

Вибрационная болезнь от локальной вибрации возникает у тех работников, кто удерживает конечностями ручной механизированный инструмент или обрабатываемую деталь. Действие вибрации усугубляется физическими нагрузками и охлаждающим микроклиматом. В начале заболевания больные жалуются на онемение, чувство покалывания, ноющие боли в кистях, особенно по ночам. Во время работы эти неприятные ощущения проходят. Могут наблюдаться приступы побеления пальцев рук на холоде, особенно при повышенной влажности воздуха. Кисти, даже в теплом помещении, остаются холодными, влажными, по внешнему виду «мраморными» или синюшными. При продолжении работы с вибрацией приступы побеления пальцев учащаются, боли и онемения становятся постоянными. Снижается чувствительность на кистях к болевым и вибрационным раздражителям. Кожа рук становится грубой, утолщенной, деформируются ногти. Кисти и пальцы отекают. Появляются утомляемость, затем слабость в мышцах рук. Беспокоят боли в суставах рук, а при рентгенологическом исследовании в них выявляются изменения. При более выраженной степени вибрационной болезни нарушаются движения в руках, поражается центральная нервная система, развиваются спазмы как периферических, так и мозговых сосудов.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации может развиваться у работников на большегрузных автомобилях, тракторах, бульдозерах и других транспортных средствах, при работах на оборудовании, использующем вибрацию (при формовке изделий, дозировании, расसेве сырья и пр.). Общая вибрация в большей степени влияет на центральную нервную систему. Больных беспокоят

головные боли, головокружения, утомляемость, раздражительность, шаткость при ходьбе, может быть повышение кровяного артериального давления. Позже развивается полиневропатия ног, а затем и рук. Проявляется заболевание онемением, зябкостью, «мурашками», болями в конечностях. Полиневропатия может сочетаться с развитием пояснично-крестцового радикулита, невралгии. В поздней стадии возможно поражение головного мозга (энцефалопатия). На производстве встречается комбинированное воздействие локальной и общей вибрации (например, у водителей транспортных средств). Женский организм более чем мужской чувствителен к воздействию вибрации и реагирует на нее увеличением заболеваний половой сферы.

В начальной стадии болезни рекомендуется перевод на работу, не связанную с воздействием вибрации временно на срок 1,5–2,0 месяца с одновременным лечением. При выраженной вибрационной болезни больные нуждаются в постоянном трудоустройстве на работу, не связанную с воздействием вибрации, с тяжелой физической нагрузкой и неблагоприятными метеорологическими условиями. В далеко запущенных случаях заболевания больные нетрудоспособны.

Кроме того, возможно влияние вибрации на зрительный анализатор. Отмечаются нарушение цветного ощущения, изменение границ поля зрения. Снижается острота зрения при наблюдении за фиксированным объектом и за колеблющейся целью, а также способность чтения показаний приборов. В основе понижения остроты зрения лежит изменение колебательных движений глазного яблока, что ведет, в свою очередь, к нарушению точной фиксации объекта различения и смещению изображения на сетчатке. Максимум ухудшения остроты зрения на частотах 20–40 и 60–90 Гц объясняется увеличением амплитуды колебания яблока вследствие возникновения резонансных колебаний.

Под воздействием вибрации возрастает потребление кислорода, которое коррелирует со степенью гипервентиляции и свидетельствует об увеличении энергетических затрат под ее влиянием, что объясняется возрастанием в организме окислительных процессов и увеличением мышечной работы, необходимой для поддержания равновесия и позы тела.

Наблюдаются изменения электрокардиограммы, частоты пульса и артериального давления, периферического и мозгового кровообращения.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Основной путь борьбы с вредным влиянием вибрации на организм человека следует искать в конструировании нового, более совершенного оборудования с дистанционным управлением, а также в использовании виброизоляции машин с динамическими нагрузками и рабочих мест.

Гигиеническая оценка вибрации должна проводиться на стадии экспертизы нормативно-технической документации на новые технологические процессы, оборудование (в том числе закупаемое за рубежом), модернизированные ручные машины и опытные образцы. По результатам обследования дается экспертное заключение о необходимости проведения мероприятий по снижению неблагоприятного влияния вибрации.

В тех случаях, когда технические способы не обеспечивают достижения требований действующих нормативов, правильная организация режима труда, ограничение длительности воздействия вибрации, а также применение средств индивидуальной защиты способствуют ограничению ее вредного воздействия так же, как и регламентированные перерывы, и проведение комплекса процедур, предупреждающих вибрационную болезнь (водные процедуры, массаж, гимнастика).

Режимы труда для работников виброопасных профессий должны разрабатываться службами охраны труда предприятий и согласовываться с учреждениями госсанэпиднадзора. В режимах труда должны указываться допустимое суммарное время контакта с вибрирующими ручными инструментами, продолжительность и время организации перерывов, как регламентированных, так и в соответствии с режимами труда. При работе с вибрирующим оборудованием продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации не должна превышать 10–15 мин. Целесообразно в режимах труда предусматривать соотношения длительностей одноразового непрерывного воздействия вибрации и последующего перерыва в воздействии вибрации 1:1; 1:2; 1:3 и т. д.

При проведении предварительных и периодических (раз в один-два года) медицинских осмотров у работников, подвергающихся действию вибрации, обязательно исследуется вибрационная чувствительность

и пр. Данные физиологических исследований, проведенных при поступлении на работу, позволяют выявить лиц, имеющих индивидуальные особенности организма, способствующие более раннему развитию вибрационной болезни (группы риска). Таких людей не рекомендуется принимать на работу, связанную с воздействием вибрации, особенно в сочетании с выраженными локальными нагрузками на мышцы рук, так как у них высокий исходный порог вибрационной чувствительности.

Шум. Шумом принято называть нежелательный звук или совокупность беспорядочно сочетающихся звуков различной частоты и интенсивности, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм и мешающих его жизнедеятельности.

В виде нежелательных факторов звук является постоянным побочным эффектом работы механизмов и деятельности человека, воздействующим на рецепторы органа слуха. Ухо – это не только устройство для регистрации звука, оно неразрывно связано со структурами центральной нервной системы, играет ключевую роль в последующей передаче речи, а в целом – в понимании и осмыслении окружающего мира.

В настоящее время практически нет ни одной отрасли народного хозяйства или среды обитания человека, где шум не был бы в числе ведущих вредных факторов. Литейные и металлообрабатывающие производства, лесозаготовительные и строительные работы, добыча полезных ископаемых, текстильная и деревообрабатывающая промышленность – далеко не полный перечень производства, где шум превышает допустимые уровни. Источниками шума могут быть колебания, возникающие при соударении, трении, скольжении твердых тел, истечении жидкостей и газов.

Источниками колебаний являются работающие станки, ручные механизированные инструменты (электрические и пневматические пилы, отбойные, рубильные молотки, перфораторы), электрические машины (генераторы, электродвигатели, турбины), компрессоры, кузнечно-прессовое оборудование, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры), лифты, транспортные средства (автомшины, поезда, самолеты), музыкальные инструменты и пр. Интенсивный шум, влияя на развитие утомления у работников, приводит к снижению производительности труда на 2,5 %–16 %.

По физической сущности шум – это механические колебания частиц упругой среды. Физическое понятие о звуке охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред. Акустические колебания, лежащие в зоне от 16 Гц до 20 кГц, воспринимаемые человеком с нормальным слухом, называются звуковыми, т. е. шумом, с частотой ниже 16 Гц – инфразвуком, а выше 20 кГц – ультразвуком.

Звуковым волнам присущи определенные закономерности распространения во времени и пространстве. При распространении звуков любых частот имеют место обычные для всех типов волн явления отражения, преломления, дифракции и интерференции. В помещении фронт волны накапливается на его границах. При этом часть энергии передается через преграду (преломление), часть отражается обратно в помещение. Передаваемая энергия вызывает образование звукового поля с другой стороны преграды.

Источник звука внутри помещения образует звуковое поле, обусловленное его непосредственным звучанием и звуками, многократно отраженными от поверхностей ограждений. Звук в помещении не исчезает мгновенно с отключением источника, а продолжает отражаться от поверхностей, постепенно поглощаясь. Время, затраченное на угасание звука, называется временем реверберации. Оно определяется как время, необходимое для снижения уровня шума в помещении на 60 дБ, что в миллион раз выше первоначальной интенсивности звука. В производственных помещениях время реверберации должно быть предельно маленьким.

Если на пути распространения звуковая волна встречает препятствие, она может огибать его. Это явление называется дифракцией. В случае низкочастотного источника звука большая часть энергии звука вследствие дифракции распространяется за пределы преграды. Высокочастотное излучение дает за преградой четкую акустическую тень.

При проходе в данную точку среды двух волн их амплитуды складываются. В точках, куда обе волны приходят в фазе, они усиливают друг друга, в точках, куда они попадают в противофазе – ослабляют. Это явление называется интерференцией. Законы распространения звуковых волн в помещении должны учитываться акустиками и строителями при расчете технических средств защиты от шума.

Воздействие шума на организм человека. Действие шума приводит к развитию преждевременного утомления, снижению работоспособности, повышению заболеваемости и инвалидности. С физиологических позиций звук – это ощущение, возникающее в ухе человека в результате давления частиц упругой среды (воздуха).

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Область слышимых звуков ограничена так называемыми порогами: нижний – это порог слышимости, т. е. едва слышимые звуки различной частоты верхний – порог болевого ощущения, при котором нормальное слуховое ощущение перерастает в болевое. Болевым порогом или порогом переносимости принято считать звук интенсивностью 140 дБ. Звуковые ощущения оценивают и по порогу дискомфорта (появлению ощущения щекотания, касания, слабой боли в ухе), наблюдаемого при уровне звукового давления более 120 дБ. Верхний болевой порог неодинаков у различных людей. Уровни порогов могут изменяться под воздействием тренировки.

Субъективно воспринимаемую величину звука называют его громкостью. Громкость является функцией интенсивности звука, частоты, времени действия физиологических особенностей слухового анализатора. Интенсивность звука субъективно ощущается как громкость, а частота определяет высоту тона. Шкала субъективной громкости является линейной, это позволяет сравнивать громкости различных источников, а также количественно оценивать эффективность шумоглушения. Наиболее неблагоприятным шумом следует считать прерывистый шум с преобладанием высокочастотного спектра.

Воздействие шума на организм нередко сопровождается одновременным влиянием других вредных факторов, которые усиливают воздействие основного фактора. Крайне неблагоприятно для человека сочетание влияния шума и нервно-психических нагрузок. Превышение ПДУ вибрации на 1 дБ увеличивает потерю слуха на 1 %. Одновременное влияние шума и нагревающего микроклимата (как минимум, температуры воздуха) приводит к более частому возникновению гипертонической болезни и в целом к увеличению показателей общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности, включая заболевания язвенной болезнью ЖКТ, язвенным колитом, ишемической болезнью сердца. Если работник находится

в условиях одновременного воздействия шума и некоторых химических растворителей, эффект неблагоприятных последствий от них может быть взаимно усилен.

Главным заболеванием, которое развивается у лиц, подвергающихся неблагоприятному влиянию шума, следует считать сенсоневральную (нейросенсорную) тугоухость. Распространенность сенсоневральной тугоухости достаточно высока. По данным ВОЗ это заболевание профессионального характера по частоте стоит на первом месте и встречается у 10 %–20 % работников. Фактически численность работников с профессиональной сенсоневральной тугоухостью много больше. По некоторым данным, если параметры шума на рабочих местах равны 85 дБА, то количество трудящихся, имеющих данное заболевание, составляет 2,7 % всех работников, а при шуме в 120 дБА – уже 40,1 %.

Воздействие звука высокой интенсивности вызывает притупление слуха. Порог слышимости – минимальный уровень звука, который еще различим. Обычно различают три вида притупления слуха в результате воздействия сильного шума:

- временное повышение порога слышимости (ВПП) – это кратковременное повышение порога, начиная с которого ухо слышит звуки, снижающееся затем до первоначального значения;
- устойчивое повышение порога слышимости (УПП) – долговременное следствие воздействия шума, когда потеря слуха не восстанавливается;
- акустическая травма, возникающая в результате одноразового, как правило, кратковременного воздействия чрезвычайно интенсивного шума, например звука выстрела или взрыва.

Кроме патологических изменений можно выделить следующие проявления неблагоприятного воздействия шума на организм – снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления. Снижение разборчивости (внятности) речи, профессионально значимое при многих видах деятельности, обусловлено эффектами звуковой маскировки голоса производственным шумом и тесно связано со спектральными характеристиками шума. Приобретает особую значимость то, что шум, являясь информационной помехой для высшей нервной деятельности в целом, оказывает неблагоприятное влияние на протекание нервных процессов и способствует развитию утомления, так как шум увеличивает

напряжение физиологических функций в процессе труда и тем самым снижает работоспособность организма.

В развитии профессиональной сенсоневральной тугоухости выделяют три стадии: а) слуховую адаптацию – к концу рабочей смены слуховой порог возрастает на 10–15 дБ, но через 3–5 мин приходит к норме; б) слуховое утомление – к концу рабочей смены слуховой порог возрастает на 15 дБ, а время восстановления, функции анализатора затягивается до 1 ч; в) прогрессирующая тугоухость – шум с уровнем более 80 дБА довольно быстро вызывает снижение слуха и развитие тугоухости, начальные проявления которых встречаются у работников иногда при стаже работы до 5 лет.

Сроки возникновения сенсоневральной тугоухости следующие: минимальный 5–7 лет, средний – 10–12 лет и максимальный – от 15 лет и более (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Возрастание тугоухости среди лиц, подвергающихся воздействию шума на протяжении трудового стажа (5–25 лет), %

Эквивалентный уровень шума, дБА	Продолжительность шумового стажа, лет				
	5	10	15	20	25
80	0	0	0	0	0
85	1	3	5	6	7
90	4	10	14	16	29
95	7	17	24	28	29
100	12	29	37	42	43
105	18	42	53	58	60
110	26	55	71	78	78

У лиц, систематически пребывающих в условиях воздействия интенсивного шума вначале появляются жалобы на головную боль, головокружение, шум в ушах, быструю утомляемость, раздражительность, общую слабость, ослабление памяти, понижение слуха. При медицинском осмотре наблюдаются дрожание (тремор) пальцев, век, пошатывание, снижение коленных и локтевых рефлексов, неустойчивость пульса, повышение артериального давления. Могут быть отмечены нарушения функции желудка, обменных процессов.

Развитие тугоухости – процесс длительный и постепенный. Время протекания этого процесса различно и зависит от интенсивности, спектра, динамики изменения воздействия шума во времени, индивидуальной чувствительности к шуму. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ едва заметно.

Только потеря слуха более чем на 20 дБ начинает серьезно мешать человеку, особенно когда к этому добавляются возрастные изменения слуха.

Критерием установления профессиональной потери слуха является его потеря на оба уха: потеря слуха на 11–20 дБ в речевых частотах 50–2000 Гц и восприятие шепотной речи на расстоянии 4–5 м.

Описанная картина иногда называется «шумовой болезнью». В нее входят, как минимум, функциональные нарушения сердечно-сосудистой, центральной нервной и эндокринной систем организма и обязательно сенсоневральная тугоухость.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Мероприятия по борьбе с шумом могут быть архитектурно-планировочными, технологическими, организационными и медико-профилактическими.

Основой всех правовых, организационных и технических мер по снижению производственного шума является гигиеническое нормирование его параметров с учетом влияния на организм. В зависимости от частоты и нервно-психических нагрузок ПДУ шума колеблется от 50 до 80 дБА. Регламентированные дополнительные перерывы следует рекомендовать с учетом уровня шума, его спектра и наличия индивидуальных средств защиты. Отдыхать во время этих перерывов необходимо в специально оборудованных помещениях, в комнатах для приема пищи также должны быть оптимальные акустические условия (уровень звука не выше 50 дБА).

Для профилактики вредного действия шума лица, подвергающиеся его воздействию, подлежат обязательным предварительным (при приеме на работу) и периодическим медицинским осмотрам. При поступлении на работу противопоказаниями к приему являются стойкое снижение слуха, хронические заболевания уха, нарушение функции вестибулярного аппарата и др.

Периодические осмотры работников шумных цехов проводят отоларинголог, невропатолог, терапевт с обязательным исследованием слуха (аудиометрия). Частота осмотров находится в зависимости от уровней шума на рабочих местах (1 раз в год или в 2–3 года). Обнаружение

сенсоневральной тугоухости со значительной степенью снижения слуха является противопоказанием для продолжения работы в шумном производстве.

Инфразвук. Инфразвуком называют неслышимые акустические колебания с частотой ниже 20 Гц. На производстве он возникает в результате тех же процессов, что и шум слышимых частот, а именно: турбулентности, резонанса, пульсации и возвратно-поступательного движения. Вследствие этого инфразвук, как правило, сопровождается слышимым шумом, причем максимум колебательной энергии зависимости от характеристик конкретного источника может приходиться на звуковую или инфракрасную части спектра. С инфразвуковыми колебаниями работники имеют контакты при управлении транспортными средствами, обслуживании оборудования по плавке металла, компрессоров, портовых кранов.

Биологическое действие. Инфразвук оказывает выраженное биологическое действие на функции внутренних органов в связи с тем, что его частота может совпадать с частотой колебаний внутренних органов и тем самым оказывать на них влияние. Инфразвук с частотой 8 Гц наиболее опасен для человека, так как при достаточной интенсивности такого шума возможно его влияние на α -ритм биотоков мозга. При частоте 1–3 Гц возможна кислородная недостаточность вследствие нарушения ритма дыхания, при 5–9 Гц появляются болезненные ощущения в грудной клетке и нижних областях живота. Контактующие с инфразвуком жалуются на раздражительность, головную боль, тошноту, беспокойство, чувство страха, увеличение частоты дыхания.

Инфразвук вызывает снижение слуха преимущественно на низких и средних частотах и может привести работников к возникновению профессиональной сенсоневральной тугоухости. Таким образом, инфразвук может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения, к числу которых следует отнести астенизацию организма, изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе. Выраженность этих изменений зависит от уровня интенсивности инфразвука и длительности действия фактора.

Гигиеническое нормирование и меры защиты. Нормативный документ «Требования к инфразвуку на рабочих местах, в жилых

и общественных помещениях и на территории жилой застройки» определяет классификацию, характеристики и ПДУ инфразвука на рабочих местах, а также методы и условия его контроля.

О наличии инфразвука в производстве свидетельствуют: а) технологические признаки: высокая единичная мощность машин, низкое число оборотов, неоднородность или цикличность технологических процессов при обработке крупногабаритных деталей или больших масс сырья (мартены, конвертеры, горнодобывающая промышленность); флюктуации мощных потоков газов или жидкостей (газодинамические или химические установки); б) конструктивные признаки: большие габариты двигателей, наличие замкнутых объемов, возбуждаемых динамически (кабины наблюдения технологического оборудования); подвеска самоходных и транспортно-технологических машин; в) строительные признаки: большие площади перекрытий или ограждений источников шума (смежное расположение административных помещений с производственными); наличие замкнутых звукоизолированных объемов (кабин наблюдений оператора).

Для характеристики инфразвука установлены следующие измеряемые величины:

Для постоянного инфразвука – октавные уровни звукового давления 2, 4, 8, 16 дБ – среднегеометрическая частота 105 Гц; для 31,5 дБ–102 Гц.

Для непостоянного инфразвука – общий уровень звукового давления по «линейной» шкале шумомера равен 110 дБ.

Наиболее эффективным и практически единственным средством борьбы с инфразвуком является его снижение в источнике. Существующие меры борьбы с шумом, как правило, неэффективны для инфразвуковых колебаний. Наиболее эффективными являются увеличение быстроходности оборудования, глушения на путях распространения. В качестве индивидуальных средств защиты рекомендуется применение наушников, защищающих ухо от неблагоприятного действия сопутствующего шума. Работающие должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры в сроки и в объеме, установленных для лиц, работающих в условиях воздействия производственного шума.

Ультразвук. Ультразвуком называют неслышимые механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний

предел слышимости. Весь ультразвуковой диапазон (20 кГц–1000 МГц) можно условно разделить на низкочастотный (20–100 кГц), который распространяется воздушным и контактным путем, и высокочастотный (100 кГц–1000 МГц), который распространяется только контактным путем.

Ультразвук имеет единую природу со звуком и одинаковые физико-гигиенические характеристики, т. е. оценивается по частоте колебаний и интенсивности. Интенсивность ультразвука (уровень звукового давления) оценивается в децибелах.

Ультразвуковые колебания подчиняются тем же закономерностям, что и звуковые волны, однако более высокая частота придает им некоторые особенности: а) малая длина волны (менее 1,5 см) дает возможность получать направленный сфокусированный пучок большой энергии; б) ультразвуковые волны способны давать отчетливую акустическую тень, так как размеры экранов всегда будут соизмеримы или больше длины волны; в) проходя через границу раздела двух сред, ультразвуковые волны могут отражаться, преломляться или поглощаться; г) ультразвук, особенно высокочастотный, практически не распространяется в воздухе, так как звуковая волна, распространяясь в среде, теряет энергию пропорционально квадрату частоты колебаний.

Источниками производственного ультразвука являются генераторы ультразвуковых колебаний, используемые для технологических целей, в медицине и научных исследованиях, а также производственное оборудование, имеющее в спектре шума высокочастотные составляющие. Генератор ультразвука состоит из источников токов высокой частоты и пьезоэлектрического (генерация высокочастотного ультразвука с частотой до 10^9 Гц) или магнитострикционного преобразователя (генерация низкочастотного ультразвука).

Ультразвуковые установки и приборы в зависимости от частотной характеристики делят на две основные группы: 1) аппаратура, генерирующая низкочастотный ультразвук с частотой колебаний 11–100 кГц; 2) установки, в которых используется высокочастотный ультразвук с частотой колебаний в пределах 100 кГц–100 мГц.

Работники предприятий могут иметь контакты с ультразвуком в следующих случаях: при очистке деталей от масел и окалины для защиты судов от обрастания, котлов и теплообменных аппаратов от накипи; при стирке тканей и шерсти; очистке воздуха от пыли,

копоти, химических веществ; при механической обработке сверхтвердых и хрупких материалов – алмаза, стекла, керамики, ювелирных изделий; при обработке семян и борьбе с насекомыми и гусеницами. В пищевой промышленности ультразвук используется при приготовлении сухого молока, замораживании его с целью длительного хранения, при эмульгировании жиров, извлечении вытяжки из печени; стерилизации инструментов, материалов и упаковок с пищевыми продуктами; при приготовлении вакцин и сывороток; для дефектоскопии металла, бетона, резины и других материалов и изделий из них; для исследования внутренних органов.

Влияние на организм человека. Биологическое действие ультразвука обусловлено его механическим, тепловым и физико-химическим действием. Звуковое давление в ультразвуковой волне может меняться в пределах $\pm 303,9$ кПа (3 атм). Отрицательное давление приводит к возникновению внутри тканевой жидкости полостей и разрывов. Это приводит к деполяризации и деструкции молекул, вызывает их ионизацию, что активизирует реакции, способствует нормализации и ускорению обмена веществ.

Тепловое действие ультразвука связано в основном с поглощением акустической энергии. Тепловой эффект, производимый ультразвуком, может быть очень значительным: при интенсивности ультразвука 4 Вт/см^2 и воздействии его в течение 20 с температура тканей на глубине 2–5 см повышается на 5°C – 6°C . Эффект действия ультразвука зависит от его интенсивности. Ультразвук малой (до $1,5 \text{ Вт/см}^2$) и средней ($1,5$ – $3,0 \text{ Вт/см}^2$) интенсивности вызывает в тканях положительные биологические эффекты, стимулирует протекание физиологических процессов.

Ультразвук большой интенсивности (3 – 10 Вт/см^2) оказывает вредное воздействие как на отдельные органы, так и на весь организм. Профессиональное заболевание, которое развивается от воздействия ультразвука, называется вегетативно-сенсорной полиневропатией (ангионеврозом) рук. Оно развивается в результате контакта рук работника с оборудованием, генерирующим ультразвуковые колебания. Первые жалобы пострадавшие предъявляют на зябкость рук, боли в кистях, ползание «мурашек», которые возникают после двух-трех лет работы. На медицинском осмотре обнаруживаются синюшность кожи рук, понижение чувствительности, ломкость ногтей, уменьшение объема мышц на руках. Впоследствии

возможны утолщения пальцев, помутнение ногтей на руках. Данные признаки заболевания сопровождаются головными болями, головокружениями, общей слабостью, быстрой утомляемостью, расстройством сна, раздражительностью. Ультразвук по сравнению с шумом в меньшей степени влияет на функцию слухового анализатора. Однако наблюдается функциональное расстройство слуха, которое может закончиться развитием сенсоневральной тугоухости.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Основу профилактики составляет гигиеническое нормирование. Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами приборов и установок (контактное озвучивание) не должны превышать 110 дБ. Кроме того, можно оценивать ультразвук при контактной передаче и интенсивности, в этом случае допустимый уровень составляет $0,1 \text{ Вт/см}^2$. Приведем допустимые уровни звукового давления на рабочих местах (табл. 11.3), которые должны находиться в пределах 80–110 дБ.

Таблица 11.3

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах

Среднегеометрическая частота третьоктавных полос, кГц	Уровень звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	15
31,5–100	110

Существенное значение для улучшений условий труда имеет предупредительный санитарный надзор в целях разработки безопасной ультразвуковой техники. Предприятие-изготовитель в эксплуатационной документации производственного оборудования должно указывать ультразвуковую характеристику, в которой приведены уровни звукового давления этого оборудования, измеренные в контрольных точках вокруг него.

Организационные мероприятия заключаются в соблюдении режима труда и отдыха (при контакте с ультразвуком более 50 % рабочего времени рекомендуется делать перерывы продолжительностью 15 мин через 1,5 ч работы) и запрещение сверхурочных работ.

Для предупреждения указанных нарушений здоровья установлены предварительные (перед поступлением на работу) и периодические (раз в год) медицинские осмотры.

На работах при контакте с ультразвуком нельзя работать лицам, имеющим заболевания периферической нервной системы и сосудов. Заболевшим рекомендуется временное отстранение от работы на оборудовании с ультразвуковыми колебаниями и лечение, а при безуспешном исходе – перевод на работу без контакта с ультразвуком.

При лечении значительный положительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур (массаж, УФ-излучение, водные процедуры, витаминизация).

11.3. Неионизирующие излучения

Первые сведения об электричестве и магнетизме появились много веков назад, но только к концу XIX в. учение об электромагнетизме получило широкое развитие, особенно после открытия Максвеллом законов электродинамики. Одним из основных понятий в теории электромагнетизма является понятие поля (магнитного, электрического, электромагнитного).

Электромагнитное поле (ЭМП) – особая форма существования материи, создаваемая движущимися и неподвижными электрическими зарядами в воздушном пространстве. ЭМП распространяется в виде электромагнитных волн со скоростью, близкой к скорости света. Основными параметрами ЭМП являются длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

Электромагнитное поле характеризуется совокупностью переменного электрического и неразрывно с ним связанного магнитного полей. Напряженность электрического поля измеряется в единицах В/м, а напряженность магнитного поля – в единицах А/м. Напряженность является силовой характеристикой поля. Но существует еще энергетическая характеристика – поверхностная плотность потока энергии излучения (ППЭ), единицей которой является Вт/м².

К ЭМП относятся электростатическое, постоянное магнитное, низко- и сверхнизкочастотные поля, электромагнитные поля радиочастот, инфракрасное, видимое, лазерное и УФ-излучение. Спектр ЭМП приведен в табл. 11.6. Человек постоянно подвергается воздействию естественных магнитных и электрических полей. Вокруг Земли

существует электромагнитное поле, магнитная напряженность которого составляет 400 А/м, а электрическая – 100 В/м. Эти значения колеблются в зависимости от широты и высоты над поверхностью Земли и изменяются во времени. Быстрые изменения геомагнитного поля, такие как магнитные возмущения, магнитные бури, возникающие в связи с усиленным притоком электрически заряженных частиц с поверхности солнца, играют значительную роль в функционировании организма человека. Так, в периоды интенсивной солнечной активности ухудшается общее состояние людей, увеличивается количество сердечно-сосудистых заболеваний. Рассмотрим, с какими видами ЭМП человек встречается в условиях производства.

Электромагнитные поля радиочастот. Электромагнитные поля радиочастот характеризуются рядом свойств (способность нагревать материалы, распространяться и отражаться от границы раздела двух сред, взаимодействовать с веществом), благодаря которым ЭМП широко используются при термообработке металлов, пайке, плавке металлов, сварке полимеров для обложек книг, папок, пакетов, игрушек, спецодежды, нагреве пластмасс, в радиосвязи, телевидении, медицине, радиоспектроскопии, геодезии, физиотерапии, для вулканизации резины, при термической обработке пищевых продуктов, стерилизации, пастеризации, вторичного разогрева пищевых продуктов.

Поскольку в зоне индукции на работников воздействуют различные по величине электрические и магнитные поля, интенсивность их облучения низкими частотами (НЧ), средними (СЧ), высокими (ВЧ) и очень высокими частотами (ОВЧ) оценивается раздельно величинами направленности электрической и магнитной составляющих поля. В волновой зоне, в которой практически находятся работники при изготовлении и применении аппаратуры, генерирующей дециметровые волны (УВЧ), сантиметровые (СВЧ) и миллиметровые (КВЧ) волны, интенсивность поля оценивается величиной плотности потока энергии.

При оценке условий труда учитываются интенсивность, время воздействия ЭМП и характер облучения (непрерывный, прерывистый, интермиттирующий). При эксплуатации радиочастотных установок наряду с ЭМП существенное значение могут иметь сопутствующие физические и химические вредные производственные факторы (шум, высокие и низкие температуры, загазованность

воздуха и др.), обусловленные работой генераторных схем и особенностями технологических процессов.

Влияние на организм человека. По законам физики изменения в веществе может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия действия не оказывает. Электромагнитные волны лишь частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологический эффект зависит от физических параметров ЭМП радиочастот: длины волны (частоты колебаний), интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма (постоянное, прерывистое, интермиттирующее), а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа и значимости для жизнедеятельности или ткани. Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границах раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик, стекловидное тело, семенники и др.). Тепловой эффект зависит от интенсивности облучения.

Переменные и постоянные электрические и магнитные поля, воздействуя на организм человека, провоцируют у него возникновение различных патологий. Их действию подвержены сердечно-сосудистая и эндокринная системы. У лиц, подвергающихся длительному воздействию неионизирующего излучения, снижается защитная иммунная функция. На этом фоне увеличивается количество заболеваний инфекционными болезнями органов дыхания, слуха и других систем органов, функциональных расстройств центральной нервной и эндокринной систем. Особенно чувствительны к воздействию данного фактора дети. В производственных условиях длительное воздействие значительных параметров этих полей приводит к повышенной заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Это указывает, что описываемый вредный производственный фактор увеличивает уровень производственно-обусловленной заболеваемости.

Из профессиональных заболеваний под воздействием указанных излучений возникают такие виды патологии как вегетативно-сенсорная дистония, астенический, астеновегетативный и гипоталамический синдромы и катаракта.

При вегетативно-сенсорной дистонии (рассогласованности) заболевшие жалуются на головные боли, головокружения, зябкость или жар, усиленное слюноотделение или сухость во рту, нарушение сна, общую слабость и повышенную утомляемость. Их беспокоит сердцебиение, неприятные ощущения в области сердца, одышка при волнении, обмороки, неустойчивый аппетит, тошнота. При медицинском осмотре отмечаются усиление сухожильных рефлексов, дрожание век и рук, колебания кровяного артериального давления. Подобные явления бывают приступообразными и кратковременными и выражаются в снижении или повышении пульса и артериального давления, сонливости или возбуждении.

Астенический синдром рассматривается как проявление начальной стадии заболевания. Больные предъявляют жалобы на головную боль, головокружение, утомляемость, раздражительность, нарушение сна, боли в области сердца. Характерно понижение артериального давления, замедление сердечных сокращений.

Астеновегетативный синдром – это умеренно выраженная стадия заболевания на фоне жалоб, характерных для астенического синдрома. Появляются неустойчивость кровяного артериального давления, склонность к сосудистым спазмам. Приступообразные головные боли могут сопровождаться тошнотой, головокружением, шумом в голове, болями и перебоями в сердце, чувством нехватки воздуха. При обследовании выявляются эмоциональная неустойчивость, дрожание век и вытянутых рук, необычная реакция на физическую нагрузку, изменения на электрокардиограмме.

Гипоталамический синдром – выраженная стадия заболевания. Характеризуется более глубоким поражением вегетативных функций. Он проявляется постоянными жалобами на головные боли, головокружения, чувство жара или озноба, общую слабость, психогенную тошноту или рвоту, обморочные состояния. Во время кризов (приступов) отмечаются общая слабость, сопровождаемая сердцебиением, учащенным дыханием, бледность, похолодание конечностей, озноб, жажда, чувство тревоги и страха.

При начальной и умеренной клинике заболевания после выздоровления возможно возвращение работника на прежнее место при условии, что излучение не превышает ПДУ. При выраженной стадии заболевания необходимо решение вопроса о степени утраты трудоспособности.

Поражение глаз в виде помутнения хрусталика является одним из наиболее характерных специфических последствий воздействия ЭМП-излучения в условиях производства. В основе поражений лежит тепловой эффект, который обладает способностью к кумуляции. Помимо этого следует иметь в виду и возможность неблагоприятного воздействия ЭМП-излучения на сетчатку и другие анатомические образования зрительного анализатора.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Защитные мероприятия при работе с источниками ЭМП должны начинаться на стадии проектирования. Большое значение имеет паспортизация установок. Паспорт должен включать в себя технические данные генератора (мощность, частотный диапазон, назначение), схему размещения в производственном помещении, сроки планового ремонта, режим работы, меры защиты работника от излучения. На действующих объектах следует предусматривать предотвращение попадания людей в зоны с высокой напряженностью ЭМП, создание санитарно-защитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения. Нахождение персонала в местах с интенсивностью ЭМИ РЧ, превышающей ПДУ для минимальной продолжительности воздействия, разрешается только с использованием средств индивидуальной защиты. Необходимо использовать инженерно-техническую защиту: электрогерметизацию, экранирование, специальную одежду, выполненную из металлизированной ткани, и защитные очки.

В целях предупреждения ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работники, подвергающиеся действию ЭМИ РЧ, должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры раз в два года. Переводу на работу, не связанную с воздействием ЭМИ РЧ, подлежат женщины в период беременности и кормления ребенка грудью. Не должны работать с указанными излучениями лица, имеющие заболевания глаз, выраженную дистонию.

Электрические поля промышленной частоты. С развитием энергетики и электрификации на современном этапе создание единых энергетических систем сопровождается расширением сети высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) и увеличением напряжения на них до тысяч киловольт. Это обуславливает возможность неблагоприятного воздействия ЭМП промышленной частоты на персонал, обслуживающий действующие подстанции, производящие строительные, монтажные, наладочные работы в зоне ЛЭП. В зависимости от характера выполняемой операции время облучения электрическим полем различной напряженности колеблется от нескольких минут до нескольких часов за рабочую смену.

Интенсивность ЭМП промышленной частоты оценивают по напряженности электрической и магнитной составляющим. Она зависит от напряжения на линии, высоты подвеса токонесущих проводов и удаления от них.

Влияние на организм. При длительном воздействии ЭМП отмечаются субъективные расстройства в виде жалоб невротического характера (чувство тяжести и головная боль в височной и затылочной областях, ухудшение памяти, повышенная утомляемость, ощущение вялости, разбитость, раздражительность, боли в области сердца, расстройство сна, угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету, резким звукам и другим раздражителям), проявляющиеся к концу рабочей смены. Разнообразные расстройства в состоянии здоровья работников, обусловленные функциональными нарушениями в деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, являются одними из первых проявлений профессиональной патологии.

Гигиеническое нормирование. Установлены предельно допустимые уровни напряженности ЭП частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки и находящегося в зоне влияния создаваемого ими ЭП, в зависимости от времени пребывания в ЭП, а также требования к проведению контроля уровней напряженности ЭП на рабочих местах.

Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью 5–20 кВ/м включительно вычисляется по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (11.1)$$

где T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

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

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. Воздействие электрических разрядов, возникающих в зоне влияния ЭП, на работника недопустимо.

К массовым средствам защиты от действия ЭП частотой 50 Гц относятся: а) стационарные экранирующие устройства (козырьки, навесы, перегородки); б) переносные (передвижные) экранирующие устройства (инвентарные навесы, палатки, перегородки, щиты, зонты, экраны и др.).

К индивидуальным средствам защиты относятся: защитный костюм – (куртка и брюки, комбинезон, экранирующий головной убор); металлическая или пластмассовая каска для теплого времени года, специальная обувь, имеющая электропроводящую резиновую подошву или выполненную целиком из электропроводящей резины.

Все элементы стационарных, переносных, а также индивидуальных средств защиты должны иметь электрический контакт между собой и должны быть заземлены.

Электростатические поля. Электростатические поля (ЭСП) образуются за счет неподвижных электрических зарядов и их взаимодействия. Они могут существовать как в пространстве, так и на поверхностях материалов и оборудования. Эти поля характеризуются напряженностью, определяемой отношением силы, действующей в поле на точечный электрический заряд, к величине этого заряда. Они создаются в энергетических установках и при электро-технологических процессах.

Электростатические поля используются для электрогазоочистки электростатической сепарации руд и материалов, электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов электросваривания. В радиоэлектронной промышленности статическое электричество образуется при изготовлении, испытаниях транспортировке и хранении полупроводниковых приборов интегральных микросхем, при шлифовании и полировке, в помещениях вычислительных

центров, на участках множительной техники, а также там, где применяются диэлектрические материалы, являясь побочным нежелательным фактором. Например, электризация текстильных волокон на прядильных и ткацких фабриках наблюдается практически по всему технологическому процессу. Уровни напряженности ЭСП достигают 20–60 кВ/м и выше. В химической промышленности при производстве пластических материалов и изделий из них (изготовление бумажного пластика, линолеума, шинного корда, полистирольных пленок) также происходит образование электростатических зарядов и полей напряженностью 240–250 кВ/м.

Воздействие на организм. Наиболее чувствительными к электростатическим полям являются нервная, сердечно-сосудистая, нейрогуморальная системы организма.

У работников встречаются жалобы на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита. Характерны своеобразные фобии, обусловленные страхом ожидаемого разряда. Склонность к ним обычно сочетается с повышенной эмоциональной возбудимостью.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{\text{пред}}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется.

В диапазоне напряженности 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты $T_{\text{доп}}$, ч, определяется по формуле

$$T_{\text{доп}} = \left(\frac{E_{\text{пред}}}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (11.2)$$

где $E_{\text{факт}}$ – измеренное значение напряженности ЭСП, кВ/м.

Применение средств защиты работников обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности ЭСП на рабочих местах превышают 60 кВ/м. В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться антистатические обувь, халаты, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие заземление тела человека.

Лазерное излучение. Слово «лазер» – аббревиатура, образованная из начальных букв английской фразы *Light amplification by stimulated emission of radiation* – усиление света за счет создания стимулированного излучения. Следовательно, лазер, или оптический квантовый генератор, – это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного излучения.

Лазер как техническое устройство состоит из трех основных элементов: активной среды, системы накачки и соответствующего резонатора. В зависимости от характера активной среды лазеры подразделяются на следующие типы: твердотельные (на кристаллах или стеклах), газовые лазеры на красителях, химические, полупроводниковые и др. В качестве резонатора обычно используются плоскопараллельные зеркала с высоким коэффициентом отражения, между которыми размещается активная среда. Накачка, т. е. перевод атомов активной среды на верхний уровень, обеспечивается или посредством мощного источника света, или электрическим разрядом.

За счет монохроматичности лазерного луча и его малой расходимости создаются исключительно высокие энергетические экспозиции, позволяющие получить локальный термоэффект. Это является основанием для использования лазерных установок в промышленности при обработке материалов (резание, сверление, точечная и шовная сварка, пайка, поверхностная закалка и др.), в медицине.

Лазерное излучение способно распространяться на значительные расстояния и отражаться от границы раздела двух сред, что позволяет применять это свойство для целей локации, навигации, связи и т. д.

В настоящее время наибольшее распространение получили лазеры, генерирующие электромагнитные излучения с длиной волны 0,33; 0,40; 0,63; 0,69; 1,06; 10,6 мкм. Диапазон длин волн электромагнитного излучения включает следующие области: ультрафиолетовую (0,2–0,4 мкм), оптическую (0,4–0,75 мкм), ближнюю инфракрасную (0,75–1,4 мкм), дальнюю инфракрасную (свыше 1,4 мкм).

Основные технические характеристики лазеров следующие:

- длина волны, мкм;
- интенсивность излучения лазеров, определяемая как отношение потока энергии излучения, падающего на участок поверхности, к площади этого участка, Вт/см²;

– энергетическая экспозиция, т. е. отношение энергии излучения, определяемой на рассматриваемой поверхности, к площади участка, Дж/см²;

– длительность импульса, с;

– частота повторения импульсов, Гц.

При изготовлении и работе с лазерными установками обслуживающий персонал может подвергаться воздействию прямого (выходящего непосредственно из лазера), рассеянного (рассеянного средой, сквозь которую проходит излучение) и отраженного излучений. Отраженное излучение может быть зеркальным (в этом случае угол отражения от поверхности равен углу падения на нее) и диффузным (излучение, отраженное от поверхности в пределах полусферы по различным направлениям). При эксплуатации лазеров в закрытых помещениях на персонал, как правило, действуют рассеянное и отраженное излучения; в условиях открытого пространства возникает реальная опасность воздействия прямых лучей. Органами-мишенями для лазерного излучения являются кожа и глаза. В основу классификации лазеров положена степень опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала. По этой классификации лазеры разделены на четыре класса:

1) безопасные – выходное излучение не опасно для глаз;

2) малоопасные – опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;

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

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

Классификация определяет специфику воздействия излучения на орган зрения и кожу. В качестве ведущих критериев при оценке степени опасности генерируемого излучения приняты мощность (энергия), длина волны, длительность импульса и экспозиция облучения. Работа с лазерами в зависимости от конструкции, мощности, условий эксплуатации разнообразных лазерных систем и другого оборудования может сопровождаться воздействием на персонал вредных производственных факторов, которые разделяют на основные и сопутствующие. К основным факторам относятся, прямое,

зеркально отраженное и рассеянное лазерное излучение, степень выраженности его определяется классом лазера и особенностями технологического процесса.

Сопутствующие факторы входят в комплекс физических и химических вредных производственных факторов, возникающих при работе лазеров, и могут усиливать неблагоприятное действие излучения на организм, а в некоторых случаях имеют самостоятельное значение (табл. 11.5). По способу образования они подразделяются на две группы: к первой относятся факторы, возникающие в результате собственно работы лазеров, степень выраженности их зависит от физико-технических параметров лазерной установки; ко второй – факторы, образующиеся при взаимодействии лазерного излучения с обрабатываемыми материалами или с различными элементами системы по ходу луча.

Таблица 11.5

Вредные производственные факторы, возникающие при работе лазеров

Вредные производственные факторы	Источник (причина возникновения)
Группа 1	
Лазерное прямое излучение	Лазер (активное тело)
Импульсные световые вспышки	Излучение импульсных ламп накачки
УФ-излучение	Излучение импульсных ламп накачки: кварцевые газоразрядные трубки и кюветы
Озон и оксиды азота	Ионизация воздуха при разрядке импульсных ламп накачки
Шум	Работа вспомогательных элементов лазерной установки
Низкоэнергетическое рентгеновское излучение	Рабочее напряжение лазера свыше 10 кВ
Электромагнитные поля радиочастот	ВЧ и УВЧ процесс накачки
Агрессивные и токсичные жидкости	Активная среда, охлаждающие жидкости

Вредные производственные факторы	Источник (причина возникновения)
Группа 2	
Диффузно и зеркально отраженное лазерное излучение	Взаимодействие лазерного луча с различными элементами по ходу луча
Рассеянное лазерное излучение	Взаимодействие лазерного луча с неоднородными средами
Световые вспышки	Излучение пламенного факела
Импульсный шум	Звуковые импульсы в результате взаимодействия импульсного лазерного луча с обрабатываемым материалом
Загрязнение воздушной среды аэрозолями и газами	Продукты деструкции обрабатываемых лазерным лучом материалов
Электрические поля высокой интенсивности, высокотемпературная плазма, являющаяся источником кратковременного рентгеновского и нейтронного излучения (в фокусе лазерного луча)	Взаимодействие особо мощного лазерного излучения с обрабатываемым веществом

Поэтому специалисты в области охраны труда должны не только осуществлять дозиметрию лазерного излучения, но и давать оценку сопутствующим факторам.

Биологическое действие лазерного излучения. Действие лазеров на организм зависит от параметров излучения (мощности и энергии излучения на единицу облучаемой поверхности, длины волны, длительности импульса, частоты следования импульсов, времени облучения, площади облучаемой поверхности), локализации воздействия и от анатомо-физиологических особенностей облучаемых объектов.

Лазерное излучение способно вызвать первичные эффекты, к которым относятся органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых тканях, и вторичные эффекты – неспецифические изменения, возникающие в организме в ответ на облучение.

Термический эффект импульсных лазеров большой интенсивности имеет специфические особенности. При действии излучения импульсного лазера в облучаемых тканях происходит быстрый нагрев структур. Если излучение соответствует режиму свободной генерации, т. е. за время импульса (длительность в пределах 1 мс) тепловая энергия вызывает термический ожог тканей. В результате быстрого нагрева структур до высоких температур происходит резкое повышение давления из-за моментального вскипания жидкостной части в облучаемых тканевых элементах, что приводит к механическому повреждению тканей. Например, в момент воздействия на глаз или на кожу импульс излучения субъективно ощущается как точечный удар. С увеличением энергии в импульсе излучения ударная волна возрастает. Таким образом, лазерное излучение приводит к сочетанному (термическому с механическим) эффекту.

При воздействии лазера на орган зрения эффект в значительной степени зависит от длины волны и локализации воздействия. Выраженность морфологических изменений может быть от полной потери зрения до инструментально выявляемых функциональных нарушений. Лазерное излучение видимой и ближней инфракрасной области спектра при попадании в орган зрения достигает сетчатки, а УФ-излучение и излучение дальней инфракрасной областей спектра поглощаются конъюнктивой, роговицей, хрусталиком.

При применении лазеров большой мощности и расширении их практического использования возросла опасность случайного повреждения не только органа зрения, но и кожных покровов, и даже внутренних органов. Характер повреждений кожи или слизистых оболочек варьирует от легкой гиперемии (покраснения) до различной степени ожогов, вплоть до грубых патологических изменений типа некроза (омертвление).

Действие лазерных излучений наряду с морфофункциональными изменениями тканей непосредственно в месте облучения вызывает разнообразные функциональные сдвиги в организме. В частности, развиваются изменения в центральной нервной, сердечнососудистой, эндокринной системах, которые могут приводить

к нарушению здоровья. Указанные функциональные расстройства, если не принять соответствующих мер оздоровления условий труда, могут закончиться возникновением заболеваний данных систем, что можно трактовать как производственно обусловленную заболеваемость.

Лазерное излучение как составная часть неионизирующего излучения при действии на организм человека может привести к его повреждению. В качестве профессиональных заболеваний в данном случае необходимо назвать местные поражения тканей: ожоги кожи, поражения роговицы и сетчатки глаза, возникающие довольно быстро.

Ожоги кожи возникают от прямого и отраженного излучения. На ней возникают покраснения, отек, болезненность с последующим образованием пузырей, иногда вплоть до образования струпа и рубца. В зависимости от степени ожогов пострадавшие должны быть освобождены от работы и направлены на лечение.

Поражения роговицы и сетчатки глаза могут возникать через короткое время после облучения. Чаще всего последствия лазерного облучения органа зрения ограничиваются проходящими функциональными нарушениями в виде расстройства темновой адаптации, изменений чувствительности роговицы, временной слепоты. Пострадавшие от более мощного пучка лазерных лучей могут испытать ощущение удара, толчка в глаз, после этого на глазном дне можно обнаружить отек сетчатки, ожог, кровоизлияния, а впоследствии – изменение остроты зрения. Ожоги роговицы болезненны и вызывают ее помутнение. Лица, длительно работающие с лазером, жалуются на повышенную утомляемость глаз к концу рабочего дня, тупые и режущие боли, жжение, непереносимость яркого света, слезотечение или сухость в глазах, чувство жара и тяжесть век при мало меняющейся остроте зрения. Помутнения наблюдаются и в хрусталике, и в стекловидном теле, возможно развитие катаракты.

Гигиеническое нормирование и профилактические мероприятия. Гигиеническое нормирование основано на критериях биологического действия, обусловленного областью электромагнитного спектра. В основу установления ПДУ положены минимальные пороговые повреждения в облучаемых тканях (сетчатке, роговице, коже).

Нормируемыми параметрами лазерного излучения являются:

– энергетическая экспозиция – H , Дж/м²;

– облученность – E , Вт/м².

Для каждого режима работы, участка оптического диапазона ПДУ определяются по специальным формулам и таблицам. Например, значения ПДУ энергетической экспозиции при воздействии УФ-излучения спектра приведены ниже в табл. 11.6.

Для ПДУ непрерывного лазерного излучения выбирают энергетическую экспозицию наименьшей величины, не вызывающей биологических эффектов (с учетом длины волны и длительности воздействия). Для импульсно-периодического действия ПДУ излучения рассчитывают с учетом частоты повторения и воздействия серии импульсов.

Таблица 11.6

Значения ПДУ энергетической экспозиции при воздействии
УФ-излучения спектра

Длина волны, мкм	ПДУ, Дж/см ²
0,200–0,210	$1 \cdot 10^{-8}$
0,210–0,215	$1 \cdot 10^{-7}$
0,215–0,290	$1 \cdot 10^{-6}$
0,290–0,300	$1 \cdot 10^{-5}$
0,300–0,370	$1 \cdot 10^{-4}$
Свыше 0,370	$1 \cdot 10^{-3}$

В целях исключения облучения работников необходимо ограждение лазерной зоны, экранирование пучка излучения. Экраны должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения. Для лазеров четвертого класса опасности рекомендуется применение дистанционного управления. Для удаления токсичных газов, паров и пыли рабочие места должны оборудоваться приточно-вытяжной вентиляцией. К индивидуальным средствам защиты относятся специальные очки, щитки, маски, обеспечивающие снижение облучения глаз до установленных уровней. Лица, поступающие на работу, должны быть заранее осмотрены медицинской комиссией и раз в год проходить медицинский осмотр. Если у них обнаруживаются заболевания кожи или глаз, им не следует работать с лазерным излучением.

11.4. Ионизирующие излучения

Все живое и неживое на Земле подвергалось и подвергается действию ионизирующего излучения (ИИ), приходящего из космического пространства и обусловленного естественными радионуклидами земной коры, рассеянными в почвах, породах, находящимися в пище, воздухе, воде, а также внутри самих организмов. В настоящее время к сложившемуся за миллионы лет естественному фону стало добавляться излучение, обусловленное деятельностью человека. Это излучение создается искусственно (различные источники ионизирующего излучения для научных, промышленных, медицинских, военных целей и др.) или вследствие антропогенных нарушений оболочки земной коры и чрезвычайных ситуаций, или других изменений условий окружающей среды.

Многие такие изменения затрагивают не только ограниченные группы лиц, профессионально связанных с излучением, но и все более возрастающую часть населения Земли в целом. Необходима гигиеническая регламентация радиационного фактора окружающей среды для обеспечения радиационной безопасности населения.

Ионизирующим излучением называют потоки частиц и электромагнитных квантов, в результате воздействия которых на окружающую среду образуются разнозаряженные ионы. Различные виды излучения сопровождаются высвобождением определенного количества энергии и обладают разной проникающей способностью, поэтому они оказывают неодинаковое воздействие на организм. Наибольшую опасность для человека представляют радиоактивные излучения, такие как α -излучение, рентгеновское, нейтронное, α - и β -излучения.

Радиационную опасность используемого радиоактивного вещества оценивают по активности – величине, характеризующей число радиоактивных распадов в единицу времени.

Для количественной оценки ионизирующего действия поля введено понятие экспозиционной дозы, представляющей собой отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, созданного в сухом атмосферном воздухе, к массе воздуха в указанном объеме.

Для перехода от экспозиционной дозы (характеристики поля к поглощенной дозе (характеристике взаимодействия поля и облучаемой среды) необходимо знать свойства этой среды. Поглощенная

доза, т. е. та энергия, поглощенная единицей массы вещества на которое действует поле излучения, характеризует радиационный эффект для всех видов физических и химических тел, кроме живых организмов.

Для оценки действий, производимых на живые организмы одинаковой поглощенной дозой различных видов излучения, используют понятие относительной биологической эффективности излучения (ОБЭ). Это отношение поглощенной дозы образцового рентгеновского излучения, вызывающего определенный биологический эффект, к поглощенной дозе данного рассматриваемого вида излучения, вызывающего тот же биологический эффект. Регламентированные значения ОБЭ, установленные для контроля степеней радиационной опасности при хроническом облучении, называют коэффициентом качества (КК) излучения. Значения КК излучения для излучений различных видов приведены в табл. 11.7.

Таблица 11.7

Значения КК излучения для излучений различных видов

Рентгеновское и α -излучение	1
Электроны и позитроны, β -излучение	1
Протоны с энергией, меньшей 10 МэВ	10
Нейтроны с энергией, меньшей 20 МэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1–10 МэВ	10
α -излучение с энергией, меньшей 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

Для сравнения биологических эффектов вводится понятие «эквивалентная доза», определяемое как результат произведения поглощенной дозы на коэффициент качества излучения в данном объеме биологической ткани стандартного качества.

Кроме того, следует учитывать, что одни части тела (органы ткани) более чувствительны, чем другие. Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака легких более вероятно, чем рака щитовидной железы, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому при оценке дозы облучения органов и тканей также следует применять различные коэффициенты. Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав

результат по всем органам и тканям, получим эффективную эквивалентную дозу, отражающую суммарный эффект облучения для организма. Нормативы, учитывающие неодинаковую чувствительность различных тканей и органов человека к воздействию ионизирующего облучения приведены в табл. 11.8.

Таблица 11.8

Нормативы, учитывающие неодинаковую чувствительность различных тканей и органов человека к воздействию ионизирующего облучения

Ткань, орган	Группа критических органов в порядке убывания радиочувствительности	Коэффициенты радиационного риска при равномерном облучении всего тела	Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения, мЗв	
			ПДД	ПД
Половые железы, красный костный мозг	I	0,25 0,12	50	5
Молочная железа, легкие, щитовидная железа	II	0,15 0,12 0,03	150	15
Костная ткань	III	0,03 1,0	300	30

Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы придем к коллективной эффективной эквивалентной дозе.

Любой вид ионизирующего излучения вызывает биологические изменения как при внешнем (источник излучения находится вне организма), так и при внутреннем облучении (радиоактивные вещества попадают внутрь организма, например, ингаляционным путем).

Биологическое действие ионизирующих излучений. Энергия, излучаемая радиоактивными веществами, поглощается окружающей средой. В результате действия ионизирующих излучений на организм человека в тканях происходят сложные процессы. Никакой другой вид энергии, поглощенной в том же количестве,

не сопровождается такими тяжелыми поражениями организма, какие вызывает ионизирующее излучение.

Первичные процессы, возникающие при облучении биологической ткани, имеют несколько стадий различной длительности:

- физическая стадия (10^{-13} с) сводится к поглощению энергии в процессах ионизации и возбуждения, которая запускает сложную цепь реакций;

- физико-химическая стадия (10^{-15} с), когда происходит перераспределение избыточной энергии возбужденных молекул, в результате чего появляются химически активные продукты (ионы и свободные радикалы);

- химическая стадия (10^{-6} с), когда происходит взаимодействие ионов и радикалов друг с другом, а также с окружающими молекулами, что приводит к стойким структурным повреждениям молекул живой клетки.

В результате действия ИИ в организме нарушаются нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ. В зависимости от поглощенной дозы и индивидуальных особенностей организма вызываемые изменения могут быть обратимыми и необратимым. Особенности биологического действия ИИ:

- неощутимость действия на организм человека. У людей отсутствуют органы чувств, которые воспринимали бы ИИ. Поэтому человек может проглотить, вдохнуть радиоактивное вещество без всяких первичных ощущений, поэтому для обнаружения ИИ используются различными дозиметрическими приборами;

- наличие скрытого (латентного) периода проявления биологического эффекта. Видимые поражения кожного покрова, недомогание, характерные для лучевого заболевания, проявляются не сразу, а спустя некоторое время;

- наличие эффекта суммирования поглощенных доз, которое происходит скрыто. Если в организм человека систематически попадают радиоактивные вещества, то со временем дозы суммируются, что неизбежно приводит к неблагоприятным эффектам;

- при облучении энергия поглощаемых радиоактивных веществ и наружных источников обладает очень высокой эффективностью, что связано с наличием физического и биологического механизмов усиления эффекта радиации. Физический механизм усиления действия ИИ заключается в миграции и концентрации

энергии в определенных функционально активных участках микроструктур (в частности в митохондриях ядра) с последующим их повреждением. Биологические механизмы усиления ИИ связаны с высокой чувствительностью к ним некоторых биомолекул. При облучении наиболее глубокие изменения возникают в клеточных органеллах, богатых высокомолекулярными веществами и нуклеиновыми кислотами.

Последствия воздействия ИИ на человека. Изменения на клеточном уровне не только приводят к нарушению функций отдельных органов и систем в облученном организме и способствуют возникновению злокачественных новообразований, но и вызывают наследственные изменения, отражающиеся на последующих поколениях облученных людей. Условно различают три группы индуцированных ионизирующим излучением эффектов:

1) соматические (неинфекционные): острая и хроническая лучевая болезнь, локальные лучевые повреждения (ожоги, катаракты);

2) стохастические (вероятностные): сокращение продолжительности жизни, канцерогенез, нарушение эмбриогенеза;

3) генетические (наследственные): доминантные или рецессивные генные мутации, хромосомные aberrации. Генетические последствия обычно не выявляются у самого пострадавшего, а обнаруживаются при статистическом изучении его потомства. Они выражаются в повышении в потомстве облученных родителей числа новорожденных с пороками развития, в увеличении детской смертности, числа выкидышей и мертворожденных, изменении соотношения рождаемых мальчиков и девочек.

Внешнее облучение. Естественные источники ИИ создают в среднем мощность эквивалентной дозы 2,25 мЗв/год. Интенсивность общего космического излучения несколько изменяется в зависимости от широты, высотных, метеорологических, ландшафтных, сезонных и суточных условий. Космическое излучение в околоземных условиях, благодаря атмосфере, магнитным полям Земли, уменьшающим плотность и жесткость потока элементарных частиц, в отличие от открытого космоса не вызывает лучевой болезни, однако это не исключает других реакций в тканях организма. Поглощенная доза космического излучения всеми органами человека в течение года составляет всего 2,5–3,5 мкГр, т. е. в 100 раз меньше поглощенной

дозы рентгеновского излучения, полученной человеком во время одного рентгенологического обследования.

Годовая эквивалентная доза от природных источников излучения составляет в миллизивертах (мЗв): космическое излучение – 0,28; атмосфера – 0,02; почва – 0,47 (в отдельных местах радиоактивность земных пород может быть значительной). Эквивалентная доза космического излучения над уровнем моря составляет в средних широтах 0,33 мЗв в год, а на высоте 1500 м – 0,70 мЗв в год. В помещениях космическое излучение несколько меньше, но повышено излучение от строительных материалов. Поглощенная доза естественного ИИ в околоземных условиях даже во время усиленной солнечной активности ниже порога повреждающего действия. Некоторые сведения об эффектах внешнего воздействия ионизирующих излучений приведены в табл. 11.9.

Таблица 11.9

Некоторые эффекты внешнего воздействия ионизирующих излучений на человека

Облучение	Доза (накопленная) или мощность дозы	Эффект
Однократное острое, продленное, дробное, хроническое (все виды)	Любая доза, отличная от нуля	Увеличение риска отдаленных последствий и генетических нарушений
Хроническое в течение нескольких лет	0,1 Зв (10 бэр)* в год и более	Снижение неспецифической резистентности организма
	0,5 Зв (50 бэр)* в год и более	Специфические проявления лучевого воздействия, снижение иммунореактивности, катаракта (при дозе более 30 бэр)

Облучение	Доза (накопленная) или мощность дозы	Эффект
Острое однократное	1,0 Зв (100 бэр) и более	Острая лучевая болезнь разной степени тяжести
	4,5 Зв (450 бэр) и более	Острая лучевая болезнь со смертельным исходом у 50 % облученных
Продленное, 1–2 мес на щитовидную железу	10 Зв (1000 бэр) и более	Гипофункция щитовидной железы, возрастание риска развития опухолей (аденом и рака) с вероятностью около $1 \cdot 10^{-2}$

* Зв (зиверт) – единица эквивалентной дозы в системе единиц СИ (1 Зв равен 1 Гр, деленному на коэффициент качества); бэр – внесистемная единица.

Внутреннее облучение. Радиоактивные вещества могут попасть внутрь организма при вдыхании загрязненного ими воздуха, с загрязненной пищей или водой, через кожу, а также при загрязнении открытых ран. При внутреннем облучении опасны все виды излучения, так как они действуют непрерывно и практически на все органы. Опасность радиоактивных веществ тем больше, чем выше их активность. Наибольшее поражающее действие оказывают в основном источники α -излучения, а затем β - и γ -активные вещества, т. е. наблюдаются обратные по сравнению с действием внешнего облучения последовательности.

Поражающее действие попавших в организм радиоактивных веществ определяется суммарной активностью радиоизотопов в их смеси, физическим периодом полураспада, типом и энергией излучения, характером распределения в организме, величиной накопления в критическом органе, скоростью выведения из организма.

Если радионуклиды, попавшие внутрь организма, однотипны с теми элементами, которые потребляет человек с пищей (натрий, хлор, калий и др.), то они не задерживаются на длительное время, а выделяются из организма вместе с ними. Инертные радиоактивные газы (аргон, криптон, ксенон и др.), попавшие через легкие в кровь, не являются соединениями, входящими в состав тканей. Поэтому они со временем полностью удаляются из организма. Некоторые радиоактивные вещества распределяются более или менее равномерно, другие концентрируются в отдельных внутренних органах. Так, в костной ткани откладываются источники α -излучения (радий, уран, плутоний), β -излучения (стронций и иттрий), γ -излучения (цирконий). Эти элементы, химически связанные с костной тканью, очень плохо выводятся из организма. Например, такие вещества как ^{226}Ra или ^{239}Pu из организма практически не выводятся, и облучение длится всю жизнь. Элементы, образующие в организме легко растворимые соли, которые накапливаются в мягких тканях, легко удаляются из организма.

На скорость выведения радиоактивного вещества сильно влияет его период полураспада. Если обозначить период биологического полувыведения радионуклида из организма $T_{\text{биол}}$, то эффективный период полураспада $T_{\text{эф}}$, учитывающий радиоактивный распад и биологическое выведение, выразится следующей формулой:

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{биол}} + T_{1/2} T_{\text{биол}} / T_{1/2}. \quad (11.3)$$

Причем $T_{\text{эф}}$ может значительно отличаться от $T_{1/2}$ и $T_{\text{биол}}$, но если $T_{1/2}$ значительно больше $T_{\text{биол}}$, то $T_{\text{эф}}$ равно $T_{\text{биол}}$, и если $T_{1/2}$ значительно меньше $T_{\text{биол}}$, то $T_{\text{эф}}$ равно $T_{1/2}$.

Важным фактором при действии ИИ на организм является продолжительность облучения. Степень поражения зависит также от размера облученной поверхности. Организм женщин, детей и подростков является более чувствительным к ионизирующим излучениям, чем мужской организм.

К числу отдаленных последствий относятся лейкозы, анемии, астенические состояния с вегетативными дисфункциями, пониженная сопротивляемость к инфекционным заболеваниям, новообразования, обострение хронических инфекций, дисгормональные состояния, изменения половой функции. Рассмотрим некоторые из заболеваний.

Ионизирующее излучение при воздействии на организм человека прежде всего ведет к снижению иммунозащитной функции. В связи с этим человек становится более ранимым в отношении микробной флоры, обитающей как во внешней среде, так и в самом организме. Последнее выражается в более частых заболеваниях инфекционного происхождения органов дыхания, ЛОР-органов (уха, горла, носа и его пазух). Не исключены и заболевания других физиологических систем – нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, мочеполовой, эндокринной. Увеличиваются не только количество случаев заболеваний, но и их длительность, тяжесть заболеваний и их осложнений. В конечном результате возможна преждевременная смерть. Об этом свидетельствуют многолетние наблюдения над пострадавшими в результате чернобыльской катастрофы на атомной электростанции.

Среди лиц, имеющих производственный контакт с ионизирующим излучением, зарегистрированы профессиональные заболевания лучевой болезнью всего организма в хронической и острой формах, а также острые и хронические местные лучевые поражения.

Острая лучевая болезнь развивается после действия кратковременного (от секунд до трех суток) интенсивного проникающего ИИ, превышающего среднюю поглощенную дозу 1 Гр. В первые трое суток пострадавший жалуется на тошноту, рвоту, общую слабость. Наблюдаются изменения в крови, признаки ранних нарушений в нервной и сердечно-сосудистой системах. Затем на фоне постепенно нарастающих патологических изменений в крови, кишечнике, на коже (например, выпадение волос и др.) в течение 10–35 суток возможно удовлетворительное самочувствие больных. Длительность следующей фазы выздоровления, если приняты лечебные меры, длится 14–20 суток, а полное выздоровление наступает через 3–6 лет. Возможны отдаленные последствия в виде катаракты, изменений в крови, астенического состояния, нарушения детородной функции. Острая лучевая болезнь у работников ИИ считается профессиональным заболеванием.

Острые местные лучевые поражения возникают при местном контактном облучении в дозе более 8 Гр обычно на коже рук. Начальный период характеризуется появлением эритемы (покраснения) уже через несколько часов, что в дальнейшем может закончиться выздоровлением. При непринятии лечебных мер на пораженном месте возникают отек, пузыри, что сопровождается болью. Через 1–2 месяца наблюдаются атрофия кожи, подкожной

клетчатки и мышц, язвенные и некротические поражения. Первая доврачебная помощь заключается в изоляции пострадавшего от воздействия ИИ и немедленное обращение к врачу.

Хроническая лучевая болезнь развивается при длительном воздействии повреждающего фактора. В начальной стадии заболевания пострадавший жалуется на повышенное утомление, общую слабость, снижение памяти, расстройство сна, повышенную раздражительность, эмоциональную неустойчивость. Отмечаются неустойчивость пульса, снижение артериального давления, изменения в крови (снижение содержания тромбоцитов, лейкоцитов и пр.), снижение половой потенции, а у женщин – нарушения менструального цикла. У некоторых заболевших появляются жалобы на отсутствие аппетита, боли в области желудка, запоры. Наблюдаются изменения кожи, она становится сухой, истонченной и шелушится. Истончаются ногти, они становятся ломкими и расщепляющимися. Если не принять должных лечебно-профилактических мер, к описанным изменениям состояния здоровья может присоединиться более значимая патология: резкое снижение кровяного давления, пульса и форменных элементов крови, развиваются анемия и кровоточивость десен, поражения желудочно-кишечного тракта (язвенная болезнь и пр.) и нервной системы. У больных учащаются различные инфекционные заболевания – грипп, ангина, воспаление легких и др. Нельзя исключить возникновение катаракты и онкологических заболеваний.

Местные хронические лучевые поражения более часто развиваются на коже рук и стоп с покраснениями и болезненностью. Они могут заканчиваться появлением язвочек и рубцов. При начальной стадии заболевания требуется временное отстранение человека от контакта с ионизирующими излучениями и его лечение, что обычно приводит к выздоровлению. Больных с выраженными признаками лучевой болезни и местных лучевых поражений надо полностью отстранять от выполняемой ими работы и назначать соответствующее лечение.

Профилактические мероприятия. Медицинская профилактика указанных заболеваний состоит в предварительных (перед поступлением на работу) и периодических (раз в год) осмотрах. Лица, имеющие заболевания крови, сердца, сосудов глаз и данные некоторых других заболеваний не должны приниматься на работу или продолжать ее во избежание ухудшения своего здоровья.

Для защиты от вредных воздействий радиации применяют радиопротекторы (антидоты). Это лекарственные препараты, повышающие

устойчивость организма к воздействию радиации или снижающие тяжесть клинического течения лучевой болезни. Они действуют эффективно, если введены в организм перед облучением. Защитный эффект, оцениваемый так называемым фактором защиты, зависит от приема антидота относительно начала попадания радиоактивного вещества в организм.

Гигиеническое нормирование ИИ. Законодателем нормирования ИИ стала созданная на Втором международном конгрессе по радиологии (г. Стокгольм) в 1928 г. Международная комиссия по защите от рентгеновского излучения и радия, позднее переименованная в Международную комиссию по радиационной защите (МКРЗ).

Основная цель радиационной защиты – это обеспечение безопасности от ИИ как отдельных лиц и их потомства, так и населения в целом. Кроме того, должны быть созданы условия для практической деятельности человека в сфере использования атомной энергии. Концепция нормирования исходит из того, что всякое воздействие ИИ несет с собой некоторый риск возникновения вероятностных радиоиндуцированных эффектов. Расчетные уровни индивидуального радиационного риска, соответствующие установленным нормам радиационной безопасности, пределам доз облучения, приведены в табл. 11.10.

В зависимости от группы критических органов в качестве основных дозовых пределов устанавливаются предельно допустимая доза за календарный год или предел дозы за календарный год.

Таблица 11.10

Уровни индивидуального радиационного риска

Категория лиц, подвергающихся облучению	Уровень дозы	Риск в год		
		общих последствий	генетических последствий	общий
Персонал	Предел дозы 0,05 Зв	$6,25 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$8,25 \cdot 10^{-4}$
	Средняя доза при установленном пределе 0,005 Зв	$6,25 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$8,25 \cdot 10^{-5}$
Отдельные лица из населения	Предел дозы 0,005 Зв	$6,25 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$8,25 \cdot 10^{-5}$
	Средняя доза при установленном пределе 0,0005 Зв	$6,25 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$8,25 \cdot 10^{-6}$

Предельно допустимая доза (ПДД) – такое наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы ИИ за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья человека неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Предел дозы (ПД) – такое наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы ИИ за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии их здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Класс нормативов «допустимые уровни» включает величины, которые являются производными дозовых пределов: предельно допустимое годовое поступление радионуклида через органы дыхания; допустимое содержание радионуклида в критическом органе; допустимая объемная активность (концентрация) радионуклида в воздухе рабочей зоны (атмосферном воздухе, воде); допустимое загрязнение кожи, спецодежды и рабочих поверхностей.

Цель установления контрольных уровней – предотвратить превышение облучения и уменьшить дозовую нагрузку на персонал.

Радиационная безопасность должна быть обеспечена техническими, санитарно-гигиеническими и медико-профилактическими мероприятиями. Для населения средняя годовая эквивалентная доза равна 0,001 Зв или эффективная доза за период жизни (70 лет) – 0,07 Зв. Для работников установлена средняя годовая доза 0,02 Зв, или за период трудовой деятельности (50 лет) – 1 Зв. Каждая организация или территория, где имеется радиационная опасность, по закону должна иметь радиационно-гигиенический паспорт. В нем указаны методы оценки ИИ, ее фактические уровни и прогноз, а также меры борьбы с повышением уровней ионизирующего излучения.

12. ОПАСНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

12.1. Возникновение экологических заболеваний природного и антропогенного характера

В мире насчитывается более 100 млн химических веществ и ежегодно синтезируется около 100 тыс. С ними человек имеет постоянный или временный контакты на протяжении всей жизни. Химические вещества поддерживают жизнедеятельность, создавая комфортные условия в быту, на рабочем месте, во время отдыха. Они могут существовать в различных агрегатных состояниях (газ, жидкость, пар, твердое состояние, в чистом виде, в смесях, как примеси), во всех средах обитания человека (воздух, вода, почва). В организм человека химические вещества попадают тремя путями; самый частый путь поступления – через органы дыхания (ингаляционный). Таким путем проникают оксид углерода (угарный газ), диоксиды серы, азота, пары металлов (свинца, ртути, марганца и пр.). Другой путь поступления – через желудочно-кишечный тракт с пищей из невымытых рук, и третий путь – всасывание через неповрежденную кожу и слизистые оболочки верхних дыхательных путей, глаз, ротовой полости и пр. Например, органические растворители из группы ароматических углеводородов (ксилол, толуол) при попадании на кожу легко проникают в организм.

Химические вещества (факторы) обладают определенными только им присущими свойствами и в связи с этим подразделяются на следующие классы:

1 – чрезвычайно опасные, ПДК в воздухе рабочей зоны менее $0,1 \text{ мг/м}^3$ (ртуть металлическая, свинец и его неорганические соединения, хромовый ангидрид и др.);

2 – высокоопасные, ПДК в воздухе рабочей зоны $0,1\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$ (акролеин, оксид кобальта, фенол, формальдегид и др.);

3 – умеренно опасные, ПДК в воздухе рабочей зоны $1,0\text{--}10,0 \text{ мг/м}^3$ (бензол, вольфрам, оксиды азота и др.);

4 – малоопасные, ПДК более 10 мг/м^3 (бензин, ацетон, ксилол и др.).

Химические соединения способны вызвать в организме практически все патологические процессы и состояния. По мере углубления и расширения знаний о механизмах токсического действия выявляются все новые виды неблагоприятных эффектов.

К веществам, опасным для возникновения и развития острых отравлений, следует отнести, например, диоксид азота, бром, оксид углерода (угарный газ), формальдегид, хлор. К веществам, вызывающим аллергические заболевания (бронхиальная астма, астматический бронхит, конъюнктивит, дерматит), можно отнести хром, никель, кобальт и их соединения и пр.

Бенз(а)пирен, бензол, кадмий и его неорганические соединения, хром (шестивалентный) способны привести к возникновению онкологических (раковых) заболеваний. Такие вещества как ксилол, уайт-спирит, стирол, сероуглерод, сероводород снижают детородную функцию женщин и мужчин.

Следует учитывать особенности поведения химических веществ в среде обитания человека, которые определяют степень повреждающего действия на его здоровье. Одна из таких важнейших особенностей состоит в том, что за редким исключением в среде обитания одновременно находится несколько, а иногда более сотни, химических веществ. Как пример может быть представлена сложнейшая композиция в выхлопных газах транспортных средств, загрязняющих атмосферный воздух. В состав этих газов входят оксид углерода, азота и серы, соединения свинца, предельные и непредельные углеводороды, бенз(а)пирен, формальдегид и многие другие. Не менее сложным является состав такого загрязнителя воздуха помещений как табачный дым.

В воде могут находиться соединения многих металлов, а в почве вместе с ними и различные органические соединения. Во время окрасочных работ методом пульверизации люди находятся в условиях воздействия красочного аэрозоля. В нем могут быть органические растворители (ксилол, толуол, уайт-спирит, скипидар, ацетон, пигменты), соединения титана, цинка, свинца, пленкообразующие составы (глифталевые, формальдегидные, эпоксидные и другие смолы, пластификаторы). Сварочный аэрозоль при электросварочных работах состоит из соединений марганца, железа, никеля, кобальта, в нем содержатся оксид углерода, озон, диоксиды серы.

Оценка фактора должна быть дана, во-первых, если это возможно, в целом, а во-вторых, по одному наиболее токсичному или двум–четырем веществам.

Другая особенность состоит в последовательном (через несколько дней, месяцев) воздействии на человека разных химических

веществ. Это возможно в производстве (например, при изготовлении фармацевтических препаратов), когда на том же оборудовании в течение года несколько раз меняется изготавливаемая продукция. В данном случае нужно дать объективную оценку, какие химические вещества привели к нарушению здоровья работника.

Химические соединения, попадая в различные среды обитания, вступают в реакцию с веществами, соединениями, влагой, находящимися в ней. Всем известно образование «кислотных дождей», обусловленных наличием в атмосферных выбросах тепловых электростанций сернистых соединений, вступающих в реакцию с влагой воздуха, в результате чего образуется серная кислота.

В некоторых случаях в результате таких реакций в воздухе могут образовываться короткоживущие, но достаточно токсичные вещества, и именно они являются виновниками патологических состояний. Например, в производстве кремнийорганических соединений в воздухе образуется хлористый ангидрид, обладающий, как известно, резко раздражающими свойствами.

Химические вещества повреждающим образом воздействуют на здоровье детей, проникая в их организм через организм матери «донора». Известны случаи повышенной болезненности новорожденных, которых кормили грудным молоком от матерей, имевших контакт с дихлордифенилтрихлорэтаном (ДДТ), урсолом.

Используемые в больших количествах в качестве сырья химические вещества при их недостаточной очистке перед выбросом в атмосферу способны создавать массовое загрязнение всех сред обитания и повреждать здоровье и родителей, и их детей. Так, в результате небрежного обращения с ртутью на крупном электроламповом производстве ее высокие концентрации были обнаружены в воздухе предприятия, смывах с оборудования, в штукатурке на стенах помещений, смывах с кожных покровов работников. Под полом было найдено большое количество «залежной» ртути. Ею был загрязнен атмосферный воздух города даже на расстоянии нескольких километров и, конечно же, повышенное содержание ртути находилось в воздухе детских садов, расположенных вблизи завода. В воде источников, почве города тоже была обнаружена ртуть. Отражением такой крайне высокой ртутной загрязненности стало выявление сотен случаев профессиональных отравлений ртутью работников, особенно женщин, что свидетельствовало о более

высокой чувствительности их организма по сравнению с организмом мужчин. Производственно-обусловленная заболеваемость женщин заболеваниями сердечно-сосудистой системы, печени, поджелудочной железы и мочевыводящих путей оказалась в полтора раза выше, чем среди не работавших в контакте с ртутью. Иммуитет у пострадавших групп работников был значительно снижен. Среди женщин отмечалась повышенная гинекологическая заболеваемость и патология родовой деятельности: ртуть в крови, плодном яйце, грудном молоке. Рожденные ими дети отставали в физическом развитии, часто болели вирусными и другими инфекционными заболеваниями. У мертворожденных в некоторых органах была обнаружена ртуть.

Распределение химических веществ в воздухе крайне изменчиво и, как правило, носит нестабильный характер. Их количества вследствие различия температуры воздуха по вертикали и горизонтали, постоянного движения воздуха, увеличения или уменьшения интенсивности технологического процесса и объемов атмосферных выбросов могут меняться на порядок в течение нескольких часов и даже чаще.

Химические вещества из воздуха вступают в химические реакции со строительными и другими материалами или поглощаются ими. Создаваемое ими депо даже после замены данного вещества другим веществом может годами из-за обратного процесса (выделения) загрязнять среду обитания. Такими способностями в отношении ароматических углеводородов (бензола, ксилола, толуола, стирола), дивинила, сероуглерода, диоксида серы, оксида углерода, ртути обладают штукатурка, бетон, кирпич, цемент, масляные краски, хлопок, пыль. Известны случаи острых отравлений угарным газом, выходящим из упаковок с обгоревшим хлопком, после того как они распаковывались в другом цехе для его переработки.

Неполная полимеризация химических соединений в изделиях из синтетических материалов или их связующих (линолеум, древесностружечные плиты и др.) приводит к длительному выделению, например, стирола, фенола, формальдегида в воздух помещений.

Химические вещества усиливают свое неблагоприятное воздействие под одновременным влиянием других вредных производственных факторов. Это касается, например, температуры и влажности воздуха. При повышенной температуре воздуха усиливается опасность

возникновения острых отравлений, например, такими соединениями как угарный газ, бензин, ароматические углеводороды. При пониженной температуре воздуха наблюдается усиление токсического эффекта, например, бензина, бензола, сероуглерода, оксида углерода. Повышенная влажность воздуха усиливает действие растворимых в воде химических веществ особенно при воздействии на кожу. Вибрация и шум повышенных параметров интенсифицируют неблагоприятное влияние таких химических веществ как ацетон, оксиды углерода и азота, ароматические углеводороды, четыреххлористый углерод, фенол, соединения свинца, марганца. Физические нагрузки, особенно тяжелые, способствуют большему поступлению в организм химических веществ и отравлению ими. Токсический эффект химических соединений возрастает как при высоком, так и при низком атмосферном давлении.

Наконец, следует отметить, что одни химические вещества в совокупности с другими создают основу для различных вариантов их комбинированного действия на организм человека. Одним из этих вариантов считается потенцированное действие (синергизм), когда токсический эффект больше, чем сумма токсических эффектов нескольких химических веществ, например, воздействие раздражающих газов, растворителей, алкоголя и свинца, ацетона и толуола, ацетона и циклогексана, оксида углерода и цианистого водорода. Противопоставлением синергизму является антагонистическое действие, когда комбинированное влияние веществ меньше суммарного действия нескольких веществ (например, марганца и свинца, фосфорорганических соединений и атропина). Аддитивное действие это такое токсическое воздействие, когда суммарный эффект равен сумме эффектов действующих отдельно химических веществ (например, ацетона и дихлорэтана). Независимым действием называется такой вариант комбинированного действия, в котором общий результат не зависит от влияния каждого вещества, токсический эффект оценивается по наибольшему воздействию одного из них.

Многие химические соединения обладают неблагоприятным воздействием на человека, приводя к возникновению различных заболеваний. Невозможно вследствие большого количества заболеваний (отравлений), вызванных химическими веществами, дать им даже краткую клиническую картину.

В результате действия химических веществ среди населения имеют место так называемые экологические заболевания. Среди них различают две группы: природно-обусловленные и антропогенно-обусловленные. В первую группу (природно-обусловленные) входят такие заболевания, как эндемический зоб, флюороз (от избытка фтора), молибденоз (от избытка молибдена), болезнь Прасада (от недостатка цинка), болезнь Кишана (от недостатка селена), гиперселеноз (от избытка селена), гемосидероз (от избытка железа), уровская болезнь (болезнь Кашина–Бека, от избытка стронция и недостатка кальция), метгемоглобинемия (от избытка нитратов), кариес (от недостатка фтора).

К антропогенным болезням (вторая группа) относят болезни Миnamата (от воздействия метилртути), Итай-Итай (от воздействия кадмия), Юша (от воздействия полихлорбифенилов и диоксинов), техногенные остеопатии (от воздействия, например, фтора), подагру (от воздействия молибдена), энцефалопатию и нефропатию (от воздействия свинца), миокардиопатию (от воздействия кобальта), акродения (болезнь Свифта, Феера от воздействия ртути), алопецию (вероятно, от воздействия тяжелых металлов и борофтористых соединений), синдром общей (множественной) химической чувствительности (от воздействия многих веществ малой интенсивности).

Уровская болезнь (болезнь Кашина–Бека) чаще развивается у детей до тринадцати лет. Заболевание проявляется медленно с такими вначале жалобами, как ноющие боли в суставах и мышцах, позвоночнике и спине, скованность и хруст в суставах, онемение и судороги конечностей. В дальнейшем наступают перерождение и некроз хрящевой ткани, дистрофия мышц, искривление скелета, задержка роста. Прогноз для жизни благоприятный.

Болезнь Итай-Итай впервые обнаружена в Японии у населения, питавшегося рисом, который произрастал на полях, загрязненных кадмием. У заболевших появляются жалобы на боли в суставах, затем идет процесс размягчения костей и множественные их переломы. При этом страдает сердечно-сосудистая система организма: вначале повышается артериальное давление, а потом присоединяются другие заболевания сердца. Отмечается патология мочевыводящей системы в виде нефротического синдрома. Она определяется жалобами на общую слабость, жажду, сухость во рту, отеки, боли в поясничной области. Впоследствии развиваются одышка, сердцебиение,

уменьшается масса мускулатуры и в завершение – заболевания почек и сердечно-сосудистой системы. Прогноз неблагоприятный.

У населения, например, при пожарах, у работников литейных, кузнечных, металлургических производств, у водителей транспортных средств наблюдаются острые и хронические отравления оксидами углерода (угарным газом). Их ПДК в воздухе рабочей зоны равна 20 мг/м^3 , а в атмосферном воздухе – 5 мг/м . В начальной стадии острого отравления у больных появляются жалобы на головную боль, головокружение, тошноту, рвоту, слабость.

При медицинском осмотре можно обнаружить повышенную частоту пульса и дыхания, нарушение цветоощущения.

В дальнейшем возможны более серьезные признаки отравления: нарушение сознания, судороги, отеки. Хронические отравления возникают через 10–15 лет контакта с оксидом углерода. Жалобы могут оставаться теми же, что при остром отравлении, но с нейрососудистым синдромом, повышением артериального давления, увеличением содержания карбоксигемоглобина в крови, появлением дизэнцефальных приступов, миокардиодистрофии, импотенции мужчин и расстройств менструального цикла у женщин.

При остром отравлении больного следует вынести на свежий воздух, создать условия покоя и тепла и срочно пригласить врача. Установление у работника диагноза хронического отравления средней и тяжелой степени потребует перевода пострадавшего на работу вне контакта с оксидом углерода и лечения. Периодические медицинские осмотры для данных работников установлены раз в два года. Лица, имеющие выраженную дисфункцию и хронические заболевания периферической нервной системы, не могут быть приняты на работу, либо продолжать работать в условиях влияния оксида углерода.

В результате воздействия химических веществ (соединений) у работников в значительной степени снижается иммунозащитная функция организма, что приводит к повышению показателей производственно обусловленной заболеваемости. При этом увеличивается число случаев и дней нетрудоспособности и средней продолжительности одного случая заболевания (в днях), присоединение осложнений, ранний выход на инвалидность и даже преждевременная смертность (до наступления пенсионного возраста).

Химические вещества служат причиной развития профессиональных заболеваний различных систем и органов работающего человека. Их можно разделить на следующие группы. В первую самую многочисленную группу входят отравления (заболевания общего характера, преимущественно всего организма, но нередко с преобладанием наиболее выраженной патологии какой-либо системы или органа. К ним следует отнести сотни известных по своей клинике отравлений (интоксикаций) газами, аэрозолями (парами) металлов, жидкостями. Чаще всего это отравление (поражение) парами металлов свинца, ртути, марганца, газами (оксидом углерода, хлором, сероводородом), жидкостями (органическими кислотами), пылью химического состава (пестицидами, минеральными удобрениями, ядохимикатами и др.).

Общее повреждение (отравление) организма может быть смешанным с локальной патологией и выглядит следующим образом. Прежде всего возникают отравления с преимущественным поражением органов дыхания. Профессиональные заболевания, входящие в эту группу, называются так: ринофарингит (заболевание слизистых оболочек носа, горла, гортани), эрозия (язва) и перфорация (прободение) носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмосклероз (перерождение легочной ткани). Они развиваются от воздействия, например, хлора, фтора, хрома, агрохимикатов.

Следующая группа заболеваний протекает с таким преимущественным поражением организма, который носит название токсической анемии (малокровия). Оно возникает под влиянием ароматических соединений, свинца и пр. Отравления ароматическими хлорированными углеводородами, агрохимикатами, фосфором и фтором приводят к развитию токсического гепатита (поражения печени).

Преимущественное поражение почек (токсическая нефропатия) наблюдается у работников с отравлениями четыреххлористым углеродом, кадмием. Токсическое поражение нервной системы в виде полиневропатий (заболеваний периферических нервов), неврозоподобных состояний, энцефалопатии может сопровождать отравления перечисленными выше химическими соединениями, а также галогенопроизводными (бромом, йодом и др.), ртутью, сероуглеродом.

Токсические поражения глаз – катаракта (помутнение хрусталика глаза), конъюнктивит (воспаление слизистой оболочки глаза),

кератоконъюнктивит (воспаление слизистой оболочки и роговицы глаза) обнаруживаются у работников, имеющих отравление соединениями азота, хлора и серы, а также формальдегидом, тринитротолуолом. На фоне отравлений фосфором, фтором, кадмием могут развиваться токсические поражения костей в виде остеопороза (размягчения).

Отравления химическими веществами часто протекают в сочетании с болезнями кожи. Это контактный дерматит (воспаление кожи), фотодерматит (обусловленный воздействием солнечных лучей и химических веществ), онихия (поражение ногтей), паронихия, меланодермия (опухоль кожи), масляные фолликулиты (воспаление волосяного мешочка), витилиго (побеление отдельных участков кожи). Они возникают при работе в условиях воздействия нефти и нефтяных продуктов, кислот, щелочей, тяжелых металлов, формалинов, лаков, эмалей.

Аллергические заболевания органов дыхания (бронхиальная астма), глаз (конъюнктивит), кожи (дерматит), других органов и систем организма также могут быть обусловлены химическими веществами. Возникновение таких заболеваний иногда происходит через несколько дней или месяцев после контакта с аллергенами. Заболевших крайне важно сразу и навсегда отстранить от контакта с аллергическими веществами, а при наличии аллергии от других причин не следует принимать на указанные работы.

Еще одна группа профессиональных заболеваний может как самостоятельно развиваться, так и сопутствовать общему поражению организма от химических веществ. Это онкологические (раковые) заболевания следующих тканей или органов: кожи от воздействия продуктов перегонки нефти, каменного угля, сланцев; полости рта и органов дыхания от воздействия никеля, хрома, смол, асфальта; печени от воздействия винилхлорида; желудка от воздействия хрома, никеля, полициклических ароматических углеводородов; мочевого пузыря от воздействия бензидина, нафтиламина. Даже при подозрении на начальные признаки онкологической патологии работников следует отстранять от работы с перечисленными химическими веществами.

Сроки периодических медицинских осмотров лиц, работающих с химическими веществами аллергического и онкологического действия, установлены для каждого из веществ отдельно.

Отравление свинцом и его неорганическими соединениями (со-турнизм) наступает в среднем через три года после контакта, главным образом при попадании свинца в организм через органы дыхания и реже через желудочно-кишечный тракт. В воздухе рабочей зоны среднесменная ПДК свинца составляет $0,05 \text{ мг/м}^3$, а в атмосферном воздухе среднесуточная ПДК – $0,0003 \text{ мг/м}^3$. Вначале появляются жалобы на общую слабость, похудание, снижение аппетита. При дальнейшем развитии заболевания наблюдаются функциональные расстройства и поражения периферической центральной нервной системы, изменения со стороны желудочно-кишечного тракта (особенно печени) и в крови (анемия). Описанные жалобы усиливаются, к ним присоединяются жалобы на тошноту, запоры, боли в животе. В разгаре отравления развиваются наиболее тяжелые его признаки: кайма по краю десен, землисто-серый цвет кожи и колики в животе. При выраженной форме отравления заболевшему нужно переходить на работу вне контакта со свинцом. Медицинские осмотры для предупреждения отравлений должны быть раз в год. Нельзя работать со свинцом и его неорганическими соединениями лицам с повышенным содержанием гемоглобина в крови, заболеваниями периферической нервной системы и печени.

Средний срок отравления ртутью и ее соединениями составляет пять–семь лет и характеризуется такими признаками, как раздражительность, слабость, недомогание, утомляемость, головные боли, снижение памяти. Потом появляются дрожание вытянутых рук, шеи, головы, нарушения походки, почерка, менструального цикла у женщин, отмечаются стоматологические заболевания. Даже при начальной стадии заболевания целесообразно оставить работу в контакте с ртутью. С нею не должны работать лица с заболеваниями периферической нервной системы, зубов, челюстей, неврозами. Осмотры работников, связанных с ртутью, установлены раз в год. ПДК ртути в воздухе рабочей зоны $0,005 \text{ мг/м}^3$ (среднесменная), а в атмосферном воздухе $0,0003 \text{ мг/м}^3$ (среднесуточная).

Отравления марганцем считаются крайне неблагоприятными из-за преимущественного и редко обратимого поражения нервной системы. Они возникают при его попадании в организм через органы дыхания в среднем через 10–12 лет. На первом месте из симптомов отравления стоят функциональные, а потом органические

нарушения функции нервной системы с жалобами на головную боль, слабость, сонливость днем и бессонницу ночью, чуткий сон, боли в суставах. Осмотр врача указывает на такие отклонения как мышечная слабость, изменения психики (замкнутость, депрессия, обидчивость). Имеют место гипомимия, редкое мигание, дрожание рук, «петушиная» походка. Выражены явления полиневропатии, энцефалопатии, паркинсонизма (поражения головного мозга). Уже в начальной стадии отравления работнику следует подыскать другую работу вне контакта с марганцем. Если во время медицинского осмотра, проводимого раз в год, и при приеме на работу обнаружены заболевания нервной, дыхательной систем, аллергические заболевания, осматриваемому лицу контакты с марганцем противопоказаны. ПДК оксидов марганца конденсата в воздухе рабочей зоны равна $0,05 \text{ мг/м}^3$ (среднесменная), а в атмосферном воздухе – $0,001 \text{ мг/м}^3$ (среднесуточная).

Отравления (хронические) представителями ароматической группы углеводов – ксилолом и толуолом, поступающими в организм при вдыхании и через неповрежденную кожу, характеризуются слабостью, вялостью, быстрой утомляемостью, изменениями в крови (лейкопенией), носовыми кровотечениями, расстройством функций сердечно-сосудистой, центральной (неврастенией), а также периферической нервной систем, желудочно-кишечного тракта и поражением кожных покровов (дерматитами и экземами). Отравление наступает в среднем через пять лет после начала работы. При обнаруженной выраженной форме отравлений работнику нужно предложить оформление перехода на другую работу вне контакта с указанными соединениями с назначением лечения. Периодические осмотры работников проводятся раз в год. Заболевания крови, маточные кровотечения у женщин являются препятствием к работе с ксилолом и толуолом. ПДК содержания ксилосола в воздухе рабочей зоны – 50 мг/м^3 (среднесменная), на коже – $1,75 \text{ мг/см}^2$, а толуосола в воздухе – 150 мг/с (среднесменная), на коже – $0,05 \text{ мг/см}^2$.

Масляные фолликулиты (угри) – очень распространенное профессиональное заболевание. На коже верхних конечностей, живота, бедер появляются черные точки, а потом плотные ярко-красные возвышения, склонные к слиянию. Заболевание обычно препятствует работе в данной профессии, но требует временного отстранения от трудовой деятельности и лечения.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Причины попадания химических веществ в среду обитания и причины возникновения от них заболеваний разнообразны, но в целом они являются негативным результатом антропогенного действия веществ. Недостатки в системах очистки выбросов в атмосферу загрязненного воздуха, в водоемы сточных вод, загрязнение почвы, продуктов питания – это общие причины, приводящие к нарушению здоровья населения. Особенно следует отметить увеличение выбросов выхлопных газов транспортными средствами и объемов плохо очищаемых сточных вод химических производств, а также нарушений технологических и гигиенических ограничений на производство, изготовление и использование агрохимикатов, приводящих к их большому количеству в продуктах питания.

Необходимо назвать и такие причины, как неполная герметизация и укрытие химического оборудования, нерациональная вентиляция, не использование индивидуальных средств защиты, нарушение системы лечебно-профилактического питания, некачественное проведение предварительных перед поступлением на работу и периодических медицинских осмотров, неполное понимание работниками строгого соблюдения правил личной гигиены. Поэтому оздоровительные мероприятия должны быть направлены на ликвидацию всех перечисленных выше причин, приводящих к ухудшению здоровья людей, которые имеют контакт с химически вредным фактором.

Конечным результатом этих мер должно быть доведение содержания химических веществ во всех средах обитания человека, продукции до предельно допустимых концентраций и уровней в целях снижения экологически обусловленной заболеваемости населения, а среди работников – снижения производственно-обусловленной заболеваемости и ликвидации профессиональных заболеваний.

Оздоровительные мероприятия, если они выполнены рационально и в комплексе в отношении всех сред обитания человека, приводят к положительным результатам. На предприятии с ртутными загрязнениями после выполнения оздоровительных мер в атмосферном воздухе, почве и воде содержание ртути стало в пределах допустимых нормативов, количество профессиональных заболеваний уменьшилось, в производственных помещениях концентрация ртути значительно снизилась.

Гигиенические нормативы (ПДК) предельного содержания химических веществ установлены законом в различных средах обитания человека (в атмосферном воздухе населенных мест, воздухе рабочей зоны, воде, почве), в продуктах питания, на коже и в строительных материалах. Необходимо помнить, что гигиенические нормативы содержания химических веществ, за редким исключением, характеризуют допустимые, а не оптимальные условия воздействия факторов окружающей среды. Их неукоснительное соблюдение минимально необходимо для обеспечения химической безопасности.

Наиболее радикальная мера защиты производственной среды от загрязнений химическими веществами – их полное изъятие из технологического процесса и замена менее вредными веществами. Сведения о характере вредного действия химических веществ можно получить из Карты химической безопасности (за рубежом они носят название MSDS), разрабатываемой для каждого химического вещества или химического продукта и содержащей сведения о токсичности, опасности, поражаемых органах и системах, клинической картине острых и хронических отравлений, о необходимых профилактических мероприятиях. В тех случаях, когда осуществить эти мероприятия не представляется возможным, ставится задача снижения содержания этих веществ в воздухе рабочей зоны до безопасного предела, регламентируемого с помощью ПДК. Для веществ, проникающих через кожу, установлены ПДУ кожи рук – ориентировочные предельно-допустимые уровни загрязнения кожи рук работающих с вредными веществами.

Контроль за содержанием вредных и опасных веществ в воздухе рабочей зоны проводят на основании законодательных документов. Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны необходим для установления соответствия фактических концентраций вредных веществ существующим для них ПДК и ОБУВ.

12.2. Вредное воздействие пыли на организм

Производственная пыль – это мельчайшие твердые частицы, выделяющиеся при дроблении, размоле и механической обработке различных материалов, погрузке и выгрузке сыпучих грузов и т. п., а также образующиеся при конденсации некоторых паров.

Пыль, образующаяся на предприятиях строительной индустрии, весьма разнообразна по свойствам, химическому и дисперсному составу. Частицы пыли различных веществ оказывают неодинаковое воздействие на организм человека и делятся на две группы. К первой группе относятся пыли ядовитых (токсичных) веществ, опасных для организма в целом, ко второй – пыли, вредно действующие на органы дыхания, т. е. преимущественно фиброгенного действия.

При обработке древесины выделяется не только древесная, но и токсичная пыль веществ, которыми древесина пропитывается. Пыль, выделяющаяся при шлифовании и полировании по лаку, может содержать частицы токсичных веществ – отвердевших полиэфирных и нитроцеллюлозных лаков. Токсичные химические вещества, например формальдегид, содержат также пыль, образующуюся при обработке древесностружечных плит. Постоянное вдыхание формальдегида может привести к хроническому отравлению. Загрязнение поверхности тела пылью приводит к гнойничковым заболеваниям и экземам. Попадание пыли в глаза вызывает воспалительный процесс слизистых оболочек – конъюнктивит.

Наибольшую опасность для человека представляют частицы пыли среднего размера до 5 мкм (микромикрон). Они легко проникают в легкие и там оседают, вызывая разрастание соединительной ткани, которая не способна передавать кислород из вдыхаемого воздуха гемоглобину крови и выделять углекислый газ. Развивающиеся при этом профессиональные заболевания называют пневмокониозами.

Форма пневмокониозов зависит от вида вдыхаемой пыли: силикоз – при вдыхании кварцсодержащей пыли, силикатоз – силикатной пыли, антракоз – угольной пыли и др.

Наибольшим фиброгенным действием (поражение легочной ткани и замена ее на соединительную) обладают пылевые частицы, содержащие диоксид кремния (SiO_2). Особенно опасна для здоровья работающих пыль кварца, образующаяся при производстве стекла и содержащая свыше 90 % свободной двуокиси кремния.

Производственная пыль служит причиной развития различных заболеваний, прежде всего это: заболевания кожи и слизистых оболочек (гнойничковые заболевания кожи, дерматиты, конъюнктивиты др.), неспецифические заболевания органов дыхания (риниты, фарингиты, пылевые бронхиты, пневмонии), заболевания кожи и органов дыхания аллергической природы (аллергические дерматиты,

экземы, астматические бронхиты, бронхиальная астма), профессиональные отравления (от воздействия токсичной пыли), онкологические заболевания (от воздействия канцерогенной пыли, например, сажи, асбеста), пневмокониозы (от воздействия фиброгенной пыли).

Борьба с производственной пылью представляет одну из важнейших задач гигиены труда. Эффективная профилактика профессиональных пылевых заболеваний предполагает:

- гигиеническое нормирование – соблюдение установленных ПДК в воздухе рабочих помещений;

- технологические мероприятия – устранение образования пыли на рабочих местах путем изменения технологии производства;

- санитарно-технические мероприятия – местная вытяжная вентиляция, механизация техпроцессов, пневмотранспорт, мокрое обогашение, применение сырья и материалов в не пылящих формах (брикеты, гранулы);

- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) – противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда;

- лечебно-профилактические мероприятия – проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров работников.

При использовании всех мероприятий возможно улучшение условий труда и повышение трудоспособности рабочих, снижение риска возникновения профессиональных заболеваний.

12.3. Влияние патогенных микроорганизмов на здоровье человека

Патогенные микроорганизмы опасны своей способностью вызывать тяжелые инфекционные заболевания животных и человека при попадании в воду и продукты питания. При этом, например, животноводческие хозяйства являются источником повышенной биологической опасности, поскольку патогенные микроорганизмы способны попадать из воды, кормов и даже с поверхностей в организм животного и в организм человека (например, через недостаточно чистые руки). Патогенные микроорганизмы опасны тем, что при попадании в благоприятную среду они формируют крупные колонии, что приводит к вспышкам инфекционных заболеваний

и серьезным негативным последствиям, вплоть до падежа поголовья скота или заражения потребителей конечной продукции. Чтобы этого избежать, необходимо наладить контроль своевременного выявления микроорганизмов на пищевых производствах и предприятиях агропромышленного комплекса.

Методы выявления микроорганизмов. Существует несколько методов выявления патогенных микроорганизмов. Основные это: стандартный классический микробиологический тест в чашках Петри, метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) и люминометрия с использованием специальных тест-полосок. Рассмотрим все эти методы более подробно. Микробиологический тест в чашках Петри, он же бактериологический посев на питательных средах, это самый старый метод исследования патогенных микроорганизмов. Чашка Петри представляет собой небольшую пластину из полистирола или стекла с невысокими бортиками. Емкости такой формы идеальны для высевания колоний бактерий – скопления бактерий одного вида без каких-либо примесей. Суть метода достаточно проста – в чашки Петри помещают питательную среду, например, агар (для каждого типа бактерий – своя среда), на которую, в свою очередь, высевают пробу, которую необходимо проверить на содержание патогенных микроорганизмов. После этого чашку закрывают и помещают в инкубатор на определенное время под воздействие постоянной температуры. По истечении этого времени, чашки Петри извлекают из инкубационного шкафа и производят подсчет колоний микроорганизмов, если таковые обнаружены.

Основной минус бактериального посева – длительность выявления микроорганизмов. Полный цикл занимает от 3 до 12 дней, что в условиях динамичного производственного процесса на пищевых предприятиях и в фермерских хозяйствах абсолютно неприменимо, ведь необходимо быстро получать результаты. На этом фоне преимущество бакпосева (и качественные, и количественные результаты) теряет свою привлекательность. Также для проведения бакпосева необходимо оборудовать на предприятии полноценную лабораторию, что требует существенных затрат на помещение, оборудование и найм высококвалифицированного персонала.

Более современный способ выявления патогенных микроорганизмов – ПЦР-тест (полимеразная цепная реакция). Это метод более быстрый, чем классический бакпосев в чашках Петри, но все

равно требует расходов на лабораторное оборудование. Суть метода полимеразной цепной реакции заключается в многократном удвоении определенного участка ДНК при помощи специализированных ферментов в искусственных условиях. При этом образуется количество ДНК, достаточное для визуального определения патогена. Копируется только участок, который соответствует заданным условиям и только если он находится в исследуемой пробе или смыве. Этот процесс называется амплификацией. Также этот метод позволяет производить и иные мероприятия с генетическим материалом, например, введение мутаций, диагностику наследственных заболеваний, выделения новых генов и т. д. Этот метод надежен, проверен временем и многократно апробирован клинически. Он способен определить наличие возбудителя при минимальном его содержании в исследуемом образце. Большим плюсом является способность метода диагностировать долго растущих возбудителей без использования долгосрочных микробиологических методов. Этот метод достаточно дорогостоящий и также требует затрат как на оборудование, так и на квалифицированный персонал. Выявление патогенных микроорганизмов методом ПЦР занимает до 2 суток, что также не всегда применимо в условиях поточного пищевого производства.

Самый современный метод выявления патогенных микроорганизмов – диагностика с помощью экспресс-тестов. Работа тестов построена на принципе люминометрии. АТФ-люминометрия используется для контроля биологической чистоты на эпидемиологически значимых объектах, в пищевой промышленности, на предприятиях общественного питания, в медицинских организациях. Это прекрасный способ наладить контроль выявления патогенных микроорганизмов без необходимости обустройства собственной микробиологической лаборатории. Благодаря этому исследования имеют низкую себестоимость и экономят бюджет предприятия.

Принцип работы АТФ-люминометра заключается в следующем. АТФ или аденозинтрифосфорная кислота представляет из себя энергетическую молекулу, которая обеспечивает клеточный метаболизм и входит в состав каждой живой клетки, в том числе бактериальной. Принцип действия люминометра основан на реакции биолуминесценции (свечения). Эта реакция происходит при взаимодействии АТФ бактерии с ферментами люциферином или

люциферазой, которые нанесены на поверхность тест-полоски. Датчик люминометра улавливает фотоны света, образующиеся при реакции биолюминесценции, и оценивает их количество в относительных световых единицах RLU, в результате чего можно оценить степень биологического загрязнения образца.

Для получения образца для исследования, используют специальные АТФ-тесты (тесты для люминометра) – уже готовые к применению стерильные пробирки с реагентом и предувлажненными тампонами, которыми берут смывы с исследуемых поверхностей. Взятие смыва делается перекрестными вращательными движениями с нажимом на тампон так, чтобы были задействованы все его стороны. Перед взятием смыва поверхность очищается до визуальной чистоты с целью минимизировать избыточное количество АТФ и исключить неточный результат исследования. При взятии смыва нельзя прикасаться посторонними предметами к тампону, поскольку это может его контаминировать и в итоге результаты тестирования будут неверными. После этого тампон помещается в пробирку, крышка плотно закручивается, переламывается кончик пробирки, для того, чтобы реагент попал на тампон, после этого пробирка помещается в люминометр, реакция происходит сразу же, результаты можно оценить в режиме реального времени. Чем более интенсивное свечение испускается в результате реакции, тем выше количество АТФ в исследуемом образце. Важно: излучение испускают не только исследуемые микроорганизмы, но и любые другие органические загрязнения, поэтому показатель может быть выше, чем количество колониеобразующих единиц. Но даже и при таком результате эти показатели свидетельствуют о недостаточном уровне санитарной чистоты обследуемой поверхности. На данный момент люминометрия – самый быстрый метод выявления широкого спектра патогенных микроорганизмов – бактерий группы кишечной палочки, сальмонеллы и т. д. Это и самый простой по внедрению метод. Он не требует ни оборудования лаборатории, ни найма специализированного персонала. Проводить люминометрию сможет любой сотрудник после короткого обучения.

13. ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ТРУДА НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

13.1. Физические нагрузки и тяжесть труда

Физические перегрузки определяются как вредные производственные факторы трудового процесса. Они являются составной частью такого вредного производственного фактора как психофизиологический.

Физические перегрузки (тяжесть труда) отражают преимущественную трудовую нагрузку на опорно-двигательный аппарат и другие системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную, периферическую нервную систему и др.). В целом они характеризуются физической динамической нагрузкой и перемещением груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещением в пространстве.

Распространенность указанных работ достаточно высокая. В стране около 40 % работников выполняют работы вручную. Из них около 2 % заняты тяжелым физическим трудом. Физические нагрузки (перегрузки) могут быть у тех работников, которые при ручном труде не пользуются механизированным инструментом, а применяют лишь лом, пилу, молоток. Кроме того, ручной труд распространен при обслуживании машин и механизмов и при трудовых операциях с ручным (частично механизированным) инструментом по ремонту и наладке машин и механизмов. Особенно тяжелые физические нагрузки имеют место в том случае, если машины или механизмы работают в быстром темпе, не свойственном организму человека.

Различают три вида физических нагрузок (тяжести труда). Общие нагрузки – это такие нагрузки, когда большая часть мышечной массы человека включена в трудовую деятельность. Примером могут быть такие профессии как грузчики, бетонщики. Региональные нагрузки – это нагрузки, выполнение которых требует включения мышечного аппарата верхнего плечевого пояса, а иногда и нижних конечностей, например, у токаря, ткачихи, штукатура, тракториста. Локальные нагрузки возникают у работников, например, при сборке

небольших приборов, когда требуется применение мышц кистей, пальцев рук.

Распространены заболевания сустава-связочного, мышечного и костного аппарата (миофиброз предплечий и плечевого пояса; тендовагинит; эпикондилит; периаартроз и постеоартроз плечелопаточный, локтевой, коленный; остеонекроз, бурсит), а также периферической нервной системы (моно- и полиневропатия верхних конечностей, рефлекторный синдром шейного и пояснично-крестцового уровней, шейно-плечевая и пояснично-крестцовая радикулопатия и радикуломиелопатия, координационный невроз). Рассмотрим клинические картины самых распространенных из них.

Миофиброз (разрастание соединительной ткани в мышцах, и их уплотнение) встречается у работников, выполняющих работы локального и регионального характера, в таких профессиях как бурильщики, строители, станочники. В начале заболевания появляются жалобы на нерезкие боли в верхних конечностях после работы. При развитии заболевания боли становятся выраженными, к ним присоединяются слабость, снижение силы и выносливости мышц. При медицинском осмотре врач может прощупать болезненные уплотнения в пораженных мышцах. Хронический миофиброз развивается в среднем через 2–3 месяца после работы с физическими перегрузками, а его острую форму можно диагностировать через несколько недель.

Полиневропатия (заболевание периферических нервов со множественным поражением). Это заболевание встречается у работников указанных выше профессий, т. е. там, где многократно повторяются однородные движения и имеется давление на нервные стволы. Работник жалуется прежде всего на боли (чаще всего ночью), зябкость рук. Болевой синдром в дальнейшем усиливается.

При медицинском осмотре наблюдаются отечность, синюшность, похолодание, рук, уменьшение болевой чувствительности. Работоспособность верхних конечностей снижается вследствие истощения мышц. Заболевание развивается медленно, в среднем через 15 лет. При наличии обострений заболевания требуется освобождение работника от выполнения физической работы и лечения.

Координационный невроз (писчий спазм) – профессиональное заболевание работников на клавишных инструментах, у музыкантов, чертежников, машинисток, операторов на компьютерах. Их причина – быстрый темп работы при дефиците времени в сочетании с высокой координацией движений. Главные признаки

заболевания – спазмы, судороги мышц пальцев, рук, лопаток, губ, дрожание рук. Заболевание очень стойкое, больные вынуждены оставлять свою работу и обращаться за лечением.

В результате общих физических перегрузок у женщин диагностируется такое профессиональное заболевание как опущение и выпадение матки и стенок влагалища. Оно наблюдается у женщин в возрасте до 40 лет при длительных (более десятилетий) систематических (более половины времени смены) подъемах и перемещениях тяжестей, при работе в вынужденной позе. Заболевание встречается, например, у работниц, занятых на сельскохозяйственных, строительных, погрузочно-разгрузочных, ремонтных работах.

В результате нарушения поддерживающей и фиксирующей функции матки возникают аномалии положения половых органов, при этом снижается детородная функция. Даже на начальной стадии заболевания работницу следует навсегда освободить от физических работ.

Выраженное варикозное расширение вен на ногах, осложненное воспалительными (тромбофлебиты – воспаление вен), или трофическими расстройствами, как профессиональное заболевание встречаются среди работников, связанных с длительным статическими напряжением (работа стоя), систематической переноской грузов. Оно встречается у работников подземных горных выработок, а также у населения, занятого в сельскохозяйственных работах (чаще у женщин). Обычно через 6–8 лет работы с физическими перегрузками на подкожных венах ног появляются небольшие узловатые и мешотчатые изменения, кожа становится синюшной.

При развитии заболевания могут быть явления тромбофлебита, язвы, кровотечения из них. В далеко зашедших случаях заболевшему нужно оставить выполняемую работу с физическими перегрузками и немедленно обратиться к врачу.

Хронический ларингит, узелки, язвы голосовых связок – профессиональные заболевания от локальной, но систематической физической перегрузки мышц голосового аппарата. Встречается у преподавателей, телефонистов, дикторов, артистов. Заболевание начинается с быстрого утомления во время работы, сухости, неприятных ощущений, боли в горле. Если не принять меры, на голосовых складках появляются узелки, а затем и язвы. Работнику

с подобными заболеваниями целесообразнее уйти с работы и применить соответствующие лечебные меры.

Прогрессирующая близорукость – профессиональное заболевание, которое возникает от локальной физической перегрузки мышечного аппарата глазных яблок. Такое напряжение возможно во время различения мелких предметов с близкого расстояния. Близорукость встречается у людей, работающих с оптическими приборами, с видеотерминалами, занятых на сборке мелких изделий, на корректорской работе.

Начало заболевания – ухудшение и утомление зрения, появление в поле зрения темных точек, полос, «мушек». Осложнением близорукости являются кровоизлияния в глаз, отслоение сетчатки. У работников снижается работоспособность. Больному для сохранения зрения целесообразно подыскивать работу без перенапряжения зрения.

Возникновению и развитию профессиональных заболеваний от физических перегрузок способствуют одновременно воздействующие на работников вредные производственные факторы. Так, заболевания периферической нервной системы влияют при контакте работников с химическими соединениями и в условиях воздействия охлаждающего микроклимата, а заболевания опорно-двигательного аппарата в условиях охлаждающего микроклимата возникают чаще, чем только при воздействии физических нагрузок. Интенсивный шум ускоряет развитие заболеваний голосового аппарата, пониженное освещение – прогрессирующую близорукость, нервно-психические перегрузки – координационный невроз.

Физические перегрузки способствуют возникновению производственно-обусловленной заболеваемости, которая выражается в виде заболеваний различных систем организма – сердечно-сосудистой (миокардиодистрофия) и дыхательной (эмфизема легких), желудочно-кишечного тракта и других.

Главными мероприятиями по снижению физических перегрузок до ПДУ являются ликвидация ручных операций, уменьшение темпа работы, борьба с другими производственными факторами, а также лечебно-профилактические мероприятия (предварительные перед поступлением на работу и периодические медицинские осмотры).

13.2. Нервно-психические нагрузки и напряженность труда

Нервно-психические нагрузки, называемые еще напряженностью труда, являются факторами трудового процесса и входят составной частью вместе с физическими перегрузками (тяжесть труда) в понятие психофизиологических вредных производственных факторов.

Они характеризуются как фактор трудового или нетрудового процесса, который отражает нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу человека. В связи с этим напряженность функций организма возникает под влиянием интеллектуальной, сенсорной (на органы чувств), эмоциональной нагрузок, монотонности нагрузок, нерационального режима работы.

Распространенность работ, различных ситуаций, при которых возникают нервно-психические нагрузки, очень велика. Примерами могут быть трудовая деятельность нескольких миллионов водителей транспортных средств, преподавателей, врачей, операторов за пультами управления, людей, работающих на высоте, в коммерции (бизнесменов, продавцов), в условиях повышенной опасности травм и отравлений, участвующих в ликвидации пожаров, аварий, подвергающихся воздействию интенсивного шума, нерациональной освещенности, охлаждающего микроклимата. Экстремальные бытовые ситуации (болезнь, смерть, криминальные ситуации) также могут быть причиной нервно-психических перегрузок.

Напряженность труда как вредный производственный фактор нередко воздействует на работника совместно с другими факторами (шум, вибрация, микроклимат, физические перегрузки и пр.). Одновременное влияние усиливает те неблагоприятные отклонения физиологического и патологического характера, которые возникают при воздействии одних нервно-психических нагрузок. Напряженность трудового процесса как вредный производственный фактор подлежит гигиеническому нормированию.

В результате воздействия нервно-психических нагрузок у человека могут возникнуть неблагоприятные физиологические реакции и некоторые заболевания.

Основной удар на себя принимают такие важные системы организма как центральная нервная и сердечно-сосудистая. Субъективно

это отражается в преждевременном наступлении утомления (ослабление памяти и внимания, слуха и зрения, появление слабости). При медицинском осмотре можно отметить повышение частоты пульса, кровяного давления, сухожильных рефлексов. В дальнейшем не исключаются такие процессы как постепенная потеря массы тела, бессонница, беспокойство, эмоциональная неустойчивость, изменение потенции. Исследования иммунозащитных функций людей, имевших экстремальные нервно-психические перегрузки, приводят к тому, что временно на 3–4 недели после ситуации в их организме наблюдается резкое снижение этих функций. Человек становится уязвимым для инфекционного начала, которое может быть как в окружающей среде, так и внутри организма. Такое иммунодефицитное состояние может стать основой для возникновения и последующего развития различных заболеваний.

Чрезмерная (экстремальная) перегрузка у отдельных лиц приводит к возникновению особого состояния, называемого стрессом. Не исключаются смертельные случаи от чрезмерно высоких нервно-психических перегрузок, в основе которых лежит острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Нервно-психические перегрузки являются своего рода толчком, способствующим возникновению заболеваний неспецифического (а у работников – производственно-обусловленного) и специфического (профессионального) характера. К заболеваниям неспецифического характера следует отнести болезни сердечно-сосудистой системы: гипертоническую болезнь, ишемическую болезнь сердца, атеросклероз. Эндокринные заболевания, сахарный диабет могут быть обусловлены нервно-психическими перегрузками, а из желудочно-кишечных заболеваний в данном случае следует назвать язвенную болезнь, из заболеваний центральной нервной системы – астению, так называемые невротические реактивные состояния.

Из нервно-психических заболеваний специфического (профессионального) характера официально можно назвать лишь одно заболевание. Это невроз, который может развиваться вследствие длительного и непосредственного обслуживания душевнобольных людей. Он диагностируется у медицинского персонала в психиатрических учреждениях, преподавателей и обслуживающего персонала спецшкол для психически неполноценных людей.

Невроз (невротическое состояние) – это не психическое расстройство. При его начале возможна депрессия (угнетение) в виде снижения настроения, появления чувства безысходности, нарушения сна, ухудшения аппетита, раздражительности, переживания неудач. Во время медицинского осмотра наблюдаются истерические реакции с возбуждением, отказом от еды, навязчивыми состояниями. Больной при этом полностью осознает свое состояние. Начальная стадия заболевания требует лечения, а при ухудшении состояния необходимо оставить работу с душевнобольными людьми и начать лечение под постоянным врачебным наблюдением.

Мероприятия по снижению нервно-психических нагрузок включают создание оптимального психологического межличностного климата в любой среде обитания человека (на работе, дома, на отдыхе, на рабочем месте), создание благоприятных условий труда в виде снижения параметров вредных производственных факторов.

Для ликвидации условий, ведущих к преждевременному утомлению, предусматриваются мероприятия по рационализации режимов труда и отдыха, производственная гимнастика, музыкальное вещание, комнаты психологической разгрузки. Медико-профилактические меры предусматривают предварительные и периодические (предрейсовые) медицинские осмотры, своевременное лечение заболеваний.

14. ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. ТОКСИКОМЕТРИЯ

14.1. Общие сведения о токсичности веществ

Бурное развитие химической промышленности сопровождается широким использованием химических соединений в различных сферах жизнедеятельности человека. В настоящее время синтезированы миллионы химических веществ и смесей, из которых 60 тыс. находят свое практическое применение. Ежегодно разрабатывается от 500 до 1000 новых химических веществ с широкой перспективой использования. В связи с этим возникает определенный риск для здоровья людей.

Токсикология (от греч. *toxicon* – яд, в который погружают наколочки стрел) – наука о токсичных химических факторах среды обитания живых организмов, о законах взаимодействия токсичных химических веществ и живых организмов, определяющих потенциальную опасность химических веществ для индивидуумов и их популяций, а также способы и средства минимизации химической опасности, профилактики, диагностики и лечения отравлений. Предметом исследования в токсикологии являются яды (токсичные химические вещества), механизмы их токсического действия на биологические системы различных уровней их организации (от молекулярного до популяционного) и те патологические состояния, которые формируются в живых организмах в результате взаимодействия с токсичными химическими веществами. В современном понимании яд – это химическое вещество, которое в соприкосновении с живыми организмами в определенных условиях среды обитания и в определенном количестве способно оказывать повреждающее влияние на живые организмы вплоть до гибели. По современным представлениям в качестве синонима слова яд часто употребляется слово ксенобиотик (от греч. *xenos* – чужой и *bios* – жизнь, т. е. чуждый организм). Задачи токсикологии как науки проистекают из опасности химических веществ. В конечном счете, они сводятся к накоплению знаний и пониманию закономерностей, которые определяют токсичность и опасность химических веществ для индивидуумов, их сообществ с тем, чтобы оценивать (прогнозировать) опасность и управлять ею. Прогнозирование и понимание

сущности химической опасности обеспечивает создание научных основ разработки способов и средств профилактики токсических воздействий, методов диагностики и лечения заболеваний, обусловленных токсичными химическими веществами. Область исследований в токсикологии обширна. В сфере ее интересов находятся животные и растения различных видов, человек. Этим объясняется то, что токсикология – одновременно и биологическая, и медицинская наука. В ней выделяют ряд хорошо очерченных, но тесно связанных между собой направлений.

Токсикометрия представляет собой совокупность, систему принципов, методов и приемов оценки токсичности и опасности химических веществ. При этом под опасностью понимают вероятность проявления химическим веществом своих токсических свойств в определенных условиях.

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. 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, которые могут

быть обнаружены современными методами как в процессе контакта с веществами, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Патологическое состояние, развивающееся вследствие взаимодействия вредного химического вещества с организмом, называется интоксикацией, или отравлением. В соответствии с принятой терминологией отравлением обычно называют только те интоксикации, которые вызваны «экзогенными» ядами, поступившими в организм извне. В результате воздействий вредных веществ на организм могут возникнуть острые и хронические отравления.

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 потомства.

В связи с этим выделяют следующие направления токсикологи:

– клиническое – исследование отравлений, возникающих вследствие влияния на человека химических веществ окружающей среды, и их лечение;

– экологическое – изучение действия веществ на экосистемы, биоценозы.

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 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 ряда веществ 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) 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 делятся на органические, неорганические и элементоорганические. Исходя из принятой химической номенклатуры, определяют класс, группу этих веществ.

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;

– группа неорганических веществ, содержащих практически все элементы периодической системы, а также все классы органических соединений, начиная с простейших алифатических углеводородов 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, инсектициды, фунгициды, репелленты, протравители семян. Без использования этих веществ сегодня представляется немислимым 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. 14.1).

Таблица 14.1

Токсикологическая классификация ядов

Общий характер токсического воздействия	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, уксусная 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

Общий характер токсического воздействия	Характерный представитель
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, опиум), атропин

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.

14.2. Пути поступления, распределения и проявления действия вредных химических веществ

Токсическое действие различных веществ является результатом взаимодействия организма, вредных химических веществ и окружающей производственной среды. Оно зависит от многих факторов: вида, пола, возраста и индивидуальной токсичности организма, химической структуры и физических свойств яда, количества попавшего в организм вещества, длительности и непрерывности

поступления, выраженности таких факторов производственной среды, как температура, барометрическое давление и др. Интенсивность токсического действия химических веществ в значительной степени зависит от их агрегатного состояния и путей поступления в организм.

Высокая растворимость органических веществ в жирах способствует их проникновению через неповрежденную кожу, поэтому многие органические растворители оказывают кожно-резорбтивное действие.

Токсикокинетика – раздел токсикологии, который изучает поступление, механизм всасывания, биологической трансформации и элиминации организмом вредных химических веществ. Под токсикодинамикой принято понимать раздел токсикологии, который изучает комплекс изменений, происходящих в организме под действием вредных химических веществ. Попадая в организм человека, токсикант распределяется по его органам и тканям, трансформируется с образованием новых химических соединений, депонируется в тех или иных органах и тканях, либо выводится (элиминируется).

Следует упомянуть, что действие вредных химических веществ на организм человека осуществляется через их взаимодействие с рецепторами мембран клеток органов и тканей. Рецепторами могут становиться ферменты (чаще всего), участки мембран клеток или их органелл (особенно рибосом, митохондрий, лизосом), аминокислоты, ДНК, пуриновые нуклеотиды, витамины, гормоны и медиаторы. Интенсивность токсического действия химических веществ в значительной степени зависит от их агрегатного состояния и путей поступления в организм. Вредные химические вещества могут быть в виде газов, паров, жидкостей, аэрозолей, твердых веществ, а также в виде смесей и поступать в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу, а в отдельных случаях – через слизистую оболочку глаз.

Наиболее интенсивное поступление токсичных веществ в виде газов, паров, аэрозолей и газопароаэрозольных смесей происходит через дыхательные пути, что обусловлено большим объемом воздуха, проходящего через легкие, особенно при физических нагрузках, значительной общей поверхностью альвеол (более 100 м²) и постоянным обильным кровотоком в легочных капиллярах. В таких условиях яды

легко и быстро проникают в кровь и распространяются по всему организму. Одни вещества поступают в кровь в неизменном виде, например, большинство органических растворителей, пары углеводов жирного и ароматического ряда, а яды другой группы превращаются в альвеолах в новые соединения, затем проникают в кровь и распространяются по организму. Важнейшим физико-химическим показателем является коэффициент растворимости паров и газов химических веществ в жидкостях. На быстроту поступления токсических веществ из воздуха в кровь влияет их растворимость в воде.

Физико-химические свойства веществ (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 оседают в основном в полости носа, в носовой части глотки и трахее, значительная 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.

Поступление вредных химических веществ через пищеварительный тракт происходит по ряду причин. Основной из них является задержка токсических веществ, особенно в пылевидном

состоянии, на слизистой носоглотки и верхних дыхательных путей. Осевшие токсические вещества со слизью частично удаляются при кашле, чихании, частично заглатываются и попадают в желудок. Попадание токсических веществ в пищеварительный тракт возможно и при несоблюдении правил личной гигиены, приеме пищи, курении. Попадание вредных химических веществ в желудок может быть причиной поражения его слизистой, нарушения секреции.

Печень является одним из наиболее активных органов, участвующих в обезвреживании вредных химических веществ. Поступление токсических веществ через кожу возможно не только при загрязнении кожных покровов растворами и пылью токсических веществ, последние могут всасываться через кожу в случае наличия токсических газов и паров в воздухе, так как кожа участвует в процессе дыхания. Кроме того, токсические вещества из воздуха способны растворяться в поту и жировом покрытии кожи с последующим всасыванием. Особое значение кожный путь поступления имеет для токсических веществ, растворимых в жирах и липоидах, в частности углеводов, ароматических аминов, соединений типа бензола, анилина, эфиров и т. д.

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 организм 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.

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, металлоорганические 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 сформированные биохимические реакции. Процессы биотрансформации направлены в основном на обезвреживание (детоксикацию токсических веществ

и являются одними из защитно-приспособительных механизмов, уравновешивающих 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 химический 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 отравлении. Большинство

токсических веществ не отличается острой направленностью действия на определенный орган или систему. Для отдельных токсических веществ свойственна острая направленность действия, и вызываемые ими изменения носят строго определенные характер и локализацию.

14.3. Факторы, влияющие на токсичность химических соединений

Токсичность химических соединений обусловлена взаимодействием организма, токсического вещества и окружающей среды. Токсичность вредных веществ зависит от таких факторов: дозы, концентрации, физических и химических свойств, путей и скорости проникновения в организм, возраста и пола, индивидуальной предрасположенности. Факторы, влияющие на токсичность, могут быть обусловлены природой токсиканта, особенностями организма или свойствами окружающей среды (табл. 14.2).

Таблица 14.2

Факторы, влияющие на токсичность химических веществ

Особенности организма	Свойства окружающей среды	Природа токсиканта
Пол	Температура	Молекулярная масса
Возраст	Влажность воздуха	Химическое строение
Состояние здоровья	Концентрация ксенобиотика	Физико-химические свойства
Индивидуальная чувствительность		

Зависимость токсичности от природы токсиканта. Существует количественная связь между физико-химическими свойствами и биологической активностью химических веществ. Эта взаимосвязь используется для разработки ускоренных математических

методов оценки токсичности и опасности новых химических веществ. Среди физико-химических свойств наибольшее влияние на токсичность веществ оказывают *молекулярная масса*, связанная с размером молекул веществ, *структура молекул*, определяющая химическую активность веществ, и пространственное расположение в молекулах замещающих групп (галогенов, нитро-, нитрозогрупп и др.), а также *растворимость* веществ в воде и липидах.

На токсичность химических веществ влияют также агрегатное состояние и дисперсность. Газообразные вещества и пары летучих жидкостей, поступившие в организм через дыхательные пути, проявляют токсическое действие значительно быстрее, чем твердые или жидкие вещества, попавшие на кожу или поступившие в пищеварительный канал.

Токсичность твердых веществ зависит от размера их частиц. Порошкообразные твердые вещества являются более токсичными, чем те же вещества, имеющие крупные частицы. Это объясняется различной растворимостью мелких и крупных частиц вещества, а следовательно, и неодинаковой скоростью поступления их в кровь.

Влияние биологических особенностей организма на токсический процесс. Различия в протекании токсического процесса обусловлены особенностями пола, возраста, индивидуальной чувствительностью к ксенобиотикам. Существуют также *межвидовые* различия чувствительности к ядам, связанные с особенностями биотрансформации чужеродных веществ. К большинству химических веществ человек более чувствителен, чем животные. Например, героин, атропин, морфин действуют преимущественно на нервную систему, и чем выше животное в эволюционном ряду, тем оно чувствительнее к ним.

Биологическая активность химических веществ в значительной степени зависит от химической структуры молекулы. Так, в соответствии с правилом разветвленных цепей соединения с линейной углеродной цепочкой более токсичны по сравнению со своими разветвленными изомерами (пропиловый и бутиловый спирты – более наркотические вещества, чем изопропиловый и изобутиловый, пропиленбензол токсичнее изопропиленбензола). Циклические соединения с одной длинной боковой цепочкой более токсичны

по сравнению с изомерами, имеющими две или несколько коротких цепочек (этилциклогексан более сильное наркотическое вещество, чем диметил циклогексан).

Согласно правилу, установленному Ричардсоном, сила наркотического действия углеводородов нарастает в гомологических рядах от низших членов ряда к высшим. Однако указанная закономерность прослеживается лишь до определенного члена ряда, а в дальнейшем она ослабевает или исчезает вовсе. Это обусловлено опережающим снижением растворимости по сравнению с нарастанием токсичности углеводородов при увеличении числа CH_2 -групп в их молекулах. Правило Ричардсона справедливо для метанового, этиленового, диэтиленового, ацетиленового, циклопарафинового и других гомологических рядов, кроме углеводородов ароматического ряда. Ему не подчиняются первые члены гомологических рядов, обладающие не только несравненно большей токсичностью, чем высшие представители ряда, но и нередко оказывающие специфическое действие. Например, метиловый спирт поражает зрительный нерв, что обусловлено его биотрансформацией с образованием формальдегида и муравьиной кислоты.

При замыкании цепи углеродных атомов в кольцо токсичность углеводородов при ингаляционном воздействии возрастает (пары циклопропана, циклопентана, циклогексана оказывают более выраженное наркотическое действие, чем соответствующие алифатические аналоги – пропан, пентан, гексан). Сила наркотического действия увеличивается при переходе от полиметиленового к ароматическому кольцу, что подтверждается более высокой ингаляционной токсичностью бензола по сравнению с циклогексаном, толуола – с метилциклогексаном.

Наркотическое действие нарастает при введении в молекулу кратных (ненасыщенных) связей. Ацетилен ($\text{CH}=\text{CH}$) токсичнее этилена ($\text{C}_2\text{H}_2=\text{CH}_2$) и в большей степени – этана (CH_3-CH_3). С увеличением числа кратных связей в молекулах химических веществ наряду с наркотическим усиливается раздражающее действие.

Введение в молекулу гидроксильной группы приводит, как правило, к ослаблению токсичности химических веществ, что объясняется увеличением их растворимости в биологических средах. Спирты, например, менее токсичны, чем соответствующие углеводороды.

Введение же в молекулу органического соединения атома галогена почти всегда сопровождается усилением токсичности и появлением в токсическом действии новых особенностей специфического поражения паренхиматозных органов, депрессивного влияния на работу сердца, раздражающих свойств. Активность атома галогена зависит от его расположения в молекуле – концевой атом алифатической цепи гораздо активнее, чем присоединенный к углероду, включенному в структуру циклического или ароматического ядра. Так, хлорэтилбензол токсичнее этилхлорбензола, раздражающий эффект нарастает в ряду бензол–хлорбензол–дихлорбензол.

Наличие карбоксильной и ацетатной групп, обуславливающих увеличение полярности и гидрофильности, уменьшает токсичность веществ за счет более быстрой их детоксикации в организме.

Сила токсического действия зависит от пространственного расположения замещающих радикалов в молекуле вещества (изомерия положения). Установлено, что сила токсического действия, как правило, ослабевает при переходе от параизомеров к мета- и ортоизомерам (изомеры нитробензола, нитроанилина, нитротолуола, нитрофенола, толуидина). Исключение составляют ортотрикрезилфосфат и ортонитробензальдегид – вещества, более токсические, чем их мета- и параизомеры.

Изменение химической структуры неэлектролитов может привести к изменению не только наркотического, но и раздражающего, гемолитического, бактерицидного и других видов биологического действия, подчиняющихся правилу Ричардсона. С увеличением молекулярной массы в некоторых гомологических рядах отмечается усиление запаха, нарастающее до определенного члена ряда, а затем убывающее.

Перечисленные закономерности широко используются для разработки ускоренных (в том числе математических) методов оценки токсичности и опасности новых химических веществ.

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 пищевой канал.

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. 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, 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 пожилых.

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 различных физиологических систем отдельного человека.

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.

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 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 ($\sum \text{ЛД}_{50}$), к величине дозы, вызывающей тот же эффект при однократном введении (ЛД_{50}).

$$K_{\text{кум}} = \frac{\sum \text{ЛД}_{50}}{\text{ЛД}_{50}}$$

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

степень кумуляции токсичных веществ	$K_{\text{кум}}$
сверхкумуляция	< 1
выраженная кумуляция	1–3

средняя кумуляция	3–5
слабая кумуляция	>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.

Адаптация – истинное приспособление организма к изменяющимся условиям окружающей среды (особенно химической) которое происходит без каких-либо необратимых нарушений в данной биологической системе и без превышения нормальных гомеостатических особенностей ее реагирования.

Истинное приспособление организма к действию загрязняющих окружающую среду химических веществ возможно лишь при низких уровнях воздействия. При воздействии химических агентов в высоких концентрациях преобладает классическая система регуляции, которая приводит к срыву адаптации – переходу состояния физиологической адаптации в компенсированный патологический процесс. В основе этого явления лежат биохимические биофизические нарушения.

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.

14.4. Методы детоксикации

Детоксикацией называют удаление различными химическими, биологическими, физическими способами ядов, токсических веществ, извне попавших в организм человека. Это одно из самых эффективных профилактических и реабилитационных методов предупреждения и лечения хронических заболеваний.

Принципы детоксикации главным образом заключаются в блокировании звеньев патогенеза СЭИ (синдрома эндогенной

интоксикации). Если вы желаете очистить свой организм, то врач посоветует вам начинать с очищения кишечника. Он же и выберет оптимальный метод, исходя из показаний и клинической картины.

Существует множество разработанных программ по выведению токсинов, шлаков и общему улучшению состояния организма, как для профилактики, так и при различных заболеваниях.

Плазмаферез – это метод полного или частичного устранения плазмы с введенными в нее токсическими агентами с последующим замещением различными растворами (солевыми, белковыми). Представляет собой универсальный эфферентный метод борьбы с патологическими процессами. В результате все токсины выводятся из организма.

Гидроколонотерапия – это лечебно-оздоровительный метод глубокого очищения кишечника, все отделы которого подвергаются тщательной детоксикации. Шлаки и яды, которые могли годами отравлять организм, эффективно устраняются. После проведения такой процедуры происходит нормализация водного баланса всего организма и микрофлоры кишечника, кровообращение внутренних органов улучшается.

Озонотерапия – еще один эффективный метод детоксикации. В рамках этого метода сегодня специалисты предпочитают проводить большую аутогемотерапию с озоном. Основные показания к такой процедуре: различные кожные заболевания (атопический дерматит, псориаз); легочные заболевания, инфекционные (острые и хронические), синдром хронической усталости, нервные перенапряжения, стрессы.

SPA-эфференс (кишечный лаваж) является современной и безопасной методикой детоксикации. Заключается в очищении как тонкого, так и толстого кишечника. Перед этим принимается специальный солевой раствор. Основанием для проведения сеанса служат различные заболевания кожи, нарушения сна и частые стрессы. Эффективна при алкогольной интоксикации.

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 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 пищевую 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 рН мочи. От рН 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 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.

14.5. Параметры токсичности и опасности вредных химических веществ

В окружении человека находятся тысячи различных химических соединений, способных негативно отразиться на его здоровье и работоспособности. На любом производстве имеют дело с большим количеством разнообразных химических веществ, являющихся в той или иной мере вредными веществами.

Важнейшей характеристикой вредного воздействия химического вещества является степень его вредности (токсичность).

Токсичность является мерой несовместимости вещества с жизнью. Например, это может быть средняя смертельная доза или концентрация химического вещества. Однако в условиях производства вероятность развития интоксикации обусловлена не только токсичностью, но и общим количеством поступившего в организм вредного вещества (дозой), опасным для жизни. Поэтому для правильной

классификации химических веществ, применяемых в производственных условиях, введено такое понятие как «опасность».

Опасность – вероятность возникновения вредных для здоровья последствий, являющихся результатом контакта человека с химическими веществами в реальных производственных условиях. Опасность характеризуется показателями, которые разделены на две группы. К первой группе относятся показатели потенциальной опасности, определяющие возможность попадания в организм вредного вещества:

– *средняя смертельная доза при введении в желудок* – доза вещества, вызывающая гибель 50 % животных при однократном введении в желудок, (мг/кг);

– *средняя смертельная доза при нанесении на кожу* – доза вещества, вызывающая гибель 50 % животных при однократном нанесении на кожу (мг/кг);

– *средняя смертельная концентрация в воздухе* – концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % животных при 2-4-часовом ингаляционном воздействии (мг/м³);

– *коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)* – отношение максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей при двухчасовом воздействии.

Ко второй группе относятся показатели реальной опасности:

– *зона острого действия* – отношение смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящее за пределы приспособительных физиологических реакций;

– *зона хронического действия* – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных реакций, к минимальной концентрации, вызывающей вредное действие на организм в хроническом эксперименте – по 4 ч пять раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев.

Считают, что вещество тем опаснее, чем меньше зона острого действия. Такое вещество опасно с точки зрения развития тяжелых (смертельных) форм отравлений.

Зона хронического действия характеризует хроническое отравление. Проявления хронического отравления развиваются скрытно по мере постепенного накопления вредного вещества и увеличения его токсического действия. Например, при длительном воздействии свинца, ртути или кадмия развиваются хронические интоксикации. Эти вещества обладают способностью накапливаться и медленно выводятся из организма. Свинец откладывается в костях, ртуть и кадмий – в почках, марганец – в печени.

Предельно допустимой концентрацией (ПДК) вредного вещества в воздухе рабочей зоны считается концентрация, при которой при 8-часовой ежедневной работе (или другой продолжительности рабочего дня, но не более 40 ч в неделю) в течение всего рабочего стажа у человека не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК выражают в миллиграммах в 1 кубическом метре воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$).

Наибольшее практическое значение имеет именно показатель ПДК в воздухе рабочей зоны. Это объясняется тем, что до 90 % отравлений людей, работающих в условиях производства, происходит в результате проникновения вредных веществ в организм через органы дыхания.

Каждые 3–5 лет на производствах изучаются условия труда и проводится обследование работающих. При необходимости проводят корректировку значений ПДК. Так, ПДК хлористого винила была снижена с 30 до 5 $\text{мг}/\text{м}^3$, а ПДК кобальта и его солей снижена до 0,01 $\text{мг}/\text{м}^3$.

По степени воздействия на организм человека все химические вещества подразделяют на четыре класса опасности:

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

Под вредным химическим веществом понимают вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья,

обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки настоящего и последующих поколений.

По характеру воздействия на организм человека вредные химические вещества подразделяются на 9 групп:

1. *Нервные* – углеводороды, спирты жирного ряда, анилин, сероводород, аммиак, бензин. Они вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, паралич.

2. *Кровяные* – окись углерода, нитро- и аминосоединения ароматического ряда, бензол, толуол, свинец, ароматические смолы. Эти яды, соединяясь с гемоглобином крови, вытесняют из нее кислород, что приводит к удушью.

3. *Раздражающие* – хлор, акролеин, аммиак, сернистый газ, пары кислот, окислы азота. Данные вещества поражают верхние дыхательные пути.

4. *Прижигающие и раздражающие кожу и слизистую оболочку* – неорганические кислоты – серная, соляная, азотная; некоторые органические кислоты – уксусная, муравьиная; едкий натрий. Эти вещества поражают кожные покровы с образованием нарывов и язв.

5. *Ферментные* – синильная кислота и ее соли, мышьяк и его соединения, ртуть, фосфорорганические соединения. Они нарушают структуру ферментов, инактивируют их.

6. *Печеночные* – хлорированные углеводороды, бромбензол, фосфор, селен. Вызывают структурные изменения тканей печени.

7. *Аллергены* – это химические вещества, повышающие чувствительность организма (или отдельных органов) человека к воздействию различных раздражителей (главным образом химических). Они вызывают изменения реактивной способности организма. К аллергенам относятся анилин, формальдегид, ароматические амины, нитрозосоединения.

8. *Канцерогенные* химические вещества при попадании внутрь или проникновении через кожу могут вызывать у человека развитие злокачественных опухолей (онкологических заболеваний). Канцерогенными свойствами обладают бензидин, нафтиламины, эпоксидные соединения, асбест.

9. *Мутагенные* химические вещества, взаимодействуя с клеточными ДНК, приводят к болезнетворным изменениям органов и тканей человека. Представителями этого класса веществ являются этиленмин, оксиды этилена, бензол, соединения свинца и ртути, сероуглерод.

Вещества, влияющие на репродуктивную функцию организма, относятся к *тератогенным* соединениям. Они способны вызывать пороки развития плода. Тератогенным действием обладают бензол и его гомологи, фталевый ангидрид, хлорированные углеводороды (в частности, хлоропрен), диметилформамид.

Вредные химические вещества в зависимости от их свойств и условий их воздействия (концентрация/доза/время) на человека могут вызывать острые и хронические отравления (интоксикации).

Острыми отравлениями называют заболевания, которые возникают у людей при авариях, внезапных нарушениях технологического режима или требований техники безопасности. Они развиваются непосредственно после контакта с вредным веществом или по истечении скрытого периода (от 6–8 ч до нескольких суток). При этом вредное вещество поступает в организм в большом количестве – в десятки и сотни раз превышающем его ПДК в воздухе рабочей зоны, а также при ошибочном приеме внутрь или сильном загрязнении кожных покровов.

Хроническими отравлениями называют заболевания, которые возникают в результате длительного, многолетнего воздействия вредных химических веществ, проникающих в организм постепенно относительно небольшими дозами. Хронические отравления развиваются вследствие постоянного накопления вредного вещества в организме.

Индивидуальная чувствительность человека возрастает в случаях воздействия вредных веществ с явно аллергическим эффектом (соединения хрома, некоторые красители и т. д.). В связи с этим лица, страдающие определенными заболеваниями, не допускаются к работе с веществами, которые могут обострить течение их болезни или привести к более быстрой и тяжелой интоксикации.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействием вредных веществ, относятся острые и хронические интоксикации, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем: токсическое поражение органов дыхания (ларингофарингит, эрозия, перфорация носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмоклероз и др.), токсическая анемия, токсический гепатит, токсическая нефропатия, токсическое поражение нервной системы (полиневропатия, неврозоподобные состояния, энцефалопатия), токсическое поражение глаз (катаракта), конъюнктивит,

кератоконъюнктивит, токсическое поражение костей: остеопороз, остеосклероз. В эту же группу входят болезни кожи, металлическая, фторопластовая (тефлоновая) лихорадка, аллергические заболевания, новообразования.

Следует иметь в виду возможность развития профессиональных опухолевых заболеваний, особенно органов дыхания, печени, желудка и мочевого пузыря, лейкозы при длительных контактах с продуктами перегонки каменного угля, нефти, сланцев, с соединениями никеля, хрома, мышьяка, винилхлоридом, радиоактивными веществами и т. д.

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

Основные токсикологические характеристики. Степень токсичности вещества измеряется его абсолютным количеством (дозой, вызывающей 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_{min} , LK_{min} – наименьшее количество (концентрация) вещества, уже способное вызвать гибель отдельных животных;

– максимальная (абсолютно смертельная) или стопроцентная доза (концентрация) LD_{max} (DD_{100}), LK_{max} (LK_{100}) – наименьшее количество (концентрация) вещества, которое вызывает гибель всех подопытных животных.

Поскольку величины LD_{min} и LD_{max} 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 действующего вещества выражается обычно в следующих единицах: мг/м³, мг/л, мг/см³, %, в частях на миллион (ppm).

Среднесмертельная или абсолютно смертельная доза при введении в желудок LD_{50} – 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_{50} – количество вредного вещества, вызывающего гибель 50 % или 100 % животных соответственно при однократном нанесении на кожу.

Среднесмертельная или абсолютно смертельная концентрация вещества в воздухе LK_{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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова, С. В. Основы физиологии и анатомии человека : учебное пособие / С. В. Степанова, С. Ю. Гармонов. – М. : ИНФРА-М. 2015. – 205 с.
2. Шкрабак, В. С. Эргономико-психологические основы безопасности деятельности : учебное пособие / В. С. Шкрабак, П. Г. Митрофанов. – СПб. : СПбГАУ, 1994. – 212 с.
3. Смулевич, В. Б. Профессия и рак / В. Б. Смулевич. – М. : Медицина, 2000. – 384 с.
4. Щербо, А. П. Окружающая среда и здоровье: подход к оценке риска / А. П. Щербо [и др.]. – СПб. : СПбМАПО, 2002. – 376 с.
5. Родионова, О. М. Медико-биологические основы безопасности. Охрана труда : учебник / О. М. Родионова, Д. А. Семенов. – М. : Юрайт, 2016. – 442 с.
6. Занько, Н. Г. Медико-биологические основы безопасности : учебник / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев. – М. : Академия, 2013. – 255 с.
7. Зинчук, В. В. Нормальная физиология. Краткий курс : учебное пособие / В. В. Зинчук, О. А. Балбатун, Ю. М. Емельянчик. – Минск : Вышэйшая школа, 2010. – 432 с.
8. Семенович, А. А. Физиология человека : учебное пособие / А. А. Семенович. – Минск : Вышэйшая школа, 2012. – 544 с.
9. Чумак, А. Г. Физиология автономной нервной системы. Курс лекций / А. Г. Чумак. – Минск : БГУ, 2010. – 227 с.
10. Мисун, Л. В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. Практикум : учебно-методическое пособие / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2021. – 200 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
СПИД – синдром приобретенного иммунодефицита
МКБ – Международная классификация болезней
ГН – гигиенический норматив
ПДУ – предельно-допустимый уровень
ПДК – предельно-допустимая концентрация
ЭТ – эффективная температура
СМУ – степень мышечной утомляемости
КП – объем кратковременной памяти
ПЗМР – простой период зрительно-моторных реакций
СЗМР – сложный период зрительно-моторных реакций
ВН – показатель переключения внимания
КЧСМ – критическая частота слияния световых мельканий
СТГ – соматотропный гормон роста
АКТГ – адренокортикотропный гормон роста
ТГ – тиреотропный гормон
ФСГ – фолликулостимулирующий гормон
ЛГ – лютеинизирующий гормон
ПРА – пролактин
МСГ – меланоцитстимулирующий гормон
АДГ – антидиуретический гормон
ОКС – окситоцин
ТТГ – тиротропин
ЦНС – центральная нервная система
ЭКГ – электрокардиограмма
НДВ – норматив допустимых выбросов
СанПиН – Санитарные правила и нормы
ПАВ – поверхностно-активные вещества
ПАУ – полициклические ароматические углеводороды
МОТ – Международная организация труда
МДУ – максимально допустимый уровень
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт
ВПП – временное повышение порога слышимости
УПП – устойчивое повышение порога слышимости
ДДТ – дихлордифенил трихлорэтан
ОВ – отравляющие вещества
КМЧ – коэффициент межвидовой чувствительности

Учебное издание

Мисун Алексей Леонидович,
Мисун Леонид Владимирович,
Мисун Александр Леонидович и др.

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Пособие

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*
Редактор *Д. О. Михеева*
Корректор *Д. О. Михеева*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 22.05.2024. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 18,13. Уч.-изд. л. 14,18. Тираж 99 экз. Заказ 166.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.