

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: И.о. ректора
Дата подписания: 12.09.2023 16:34:51
Уникальный программный ключ:
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaaedebee849

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ДГТУ»)

Кафедра: Защита в чрезвычайных ситуациях

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям по дисциплине
«Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности».
для бакалавров направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»,
профиль «Защита в чрезвычайной ситуации»

Махачкала
2022

УДК 608-32

Учебно-методическое пособие к проведению практических занятий по дисциплине «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности» для студентов очной и заочной форм обучения для бакалавриата по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Защита в чрезвычайной ситуации», Махачкала, ДГТУ, 2022.- 19 с.

Учебно-методическое пособие к проведению практических занятий для студентов подготовлен в соответствии с требованиями программы Российской образовательной системы по дисциплине «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности» и включает 9 тем по направлениям анализа, нормирования и защиты человека от вредных и опасных производственных факторов медико-биологического цикла.

Составитель:

Месробян Н.Х., ст. преп. кафедры «З вЧС».

Рецензенты:

А.Г. Гасангаджиева, доцент, д.б.н., зав.каф. биологии и биоразнообразия Института экологии и устойчивого развития ФГБОУ ВО ДГУ

Ст. преподаватель, к.т.н, Магомедова С.Г.

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ФГБОУ ДГТУ
Протокол № _____ от _____ 2022 г.

ПЛАНЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ И МЕТОДИКА К НИМ

Стр.

Тема 1. Основные понятия, предмет и система дисциплины «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности».....	4
Тема 2. Виды взаимодействия человека со средой обитания.....	5
Тема 3. Физиологические основы трудовой деятельности.....	7
Тема 4. Вредные вещества, их воздействие на человека. Основы промышленной токсикологии.....	8
Тема 5. Биологические факторы.....	10
Тема 6. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия на организм человека метеорологических условий.....	11
Тема 7. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия на организм человека виброакустических факторов.....	12
Тема 8. Влияние на организм человека электромагнитных полей и излучений (неионизирующих).....	14
Тема 9. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия ионизирующих излучений.....	16

Тема 1. Основные понятия, предмет и система дисциплины «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности»

1. Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека
2. Показатели здоровья населения
3. Основные понятия и определения
4. Цели и задачи курса, его связь с безопасностью труда, гигиеной, экологией

Методические рекомендации

При изучении данной темы студентам необходимо усвоить, что в развитом обществе здоровье человека – это определяющий, системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий. Здоровье человека определяется совокупным влиянием природных, социально-экономических, биологических факторов.

Показателями здоровья населения являются состояние и динамика демографических процессов, физическое развитие, заболеваемость, инвалидность.

В настоящее время в неблагоприятной экологической обстановке проживает более половины населения страны. В последние годы общая смертность населения в стране возросла в 1,5 раза по сравнению со смертностью в развитых странах. Ежегодно регистрируются 10-13 тыс. новых случаев профессиональных заболеваний. Изменилась структура профзаболеваний: практически не встречаются тяжелые формы отравлений бензолом, ртутью, марганцем, но чаще выявляются аллергические заболевания, стертые формы хронических заболеваний.

По определению Всемирной организации здравоохранения здоровье – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов. В практической деятельности используются определения, имеющие разное содержание. Общебиологическое здоровье – интервал, в пределах которого количественные колебания психофизиологических процессов способны удерживать живую систему на уровне функционального оптимума. Популяционное здоровье – условное статистическое понятие, которое характеризуется комплексом демографических показателей. Индивидуальное здоровье – состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои социальные и биологические функции.

Необходимо усвоить, что выявление причинно – следственных связей между воздействием факторов окружающей среды и возможными изменениями состояния здоровья человека – одна из задач гигиенической диагностики. Важнейшим элементом методологии гигиенической диагностики, является оценка риска неблагоприятного влияния факторов среды на здоровье человека.

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

Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности – комплексная дисциплина, изучающая взаимодействие окружающей среды и человека. Она находится на стыке медицины и экологии, объединяя физику, химию, биологию, физиологию, гигиену, токсикологию, медицину труда. Приоритетным направлением при изучении данной дисциплины является выявление причинно-следственных связей и факторов, порождающих экологически и производственно обусловленные профессиональные заболевания с целью их предупреждения.

Целью дисциплины является формирование знаний о механизмах медико-биологического взаимодействия человека с факторами среды обитания, о последствиях воздействия травмирующих, вредных факторов, о принципах их санитарно-гигиенического нормирования.

В развитом обществе здоровье человека – это определяющий, систематизирующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий.

В последнем издании Большой медицинской энциклопедии написано: "здоровье – это естественное состояние организма, характеризующееся его полной уравновешенностью с биосферой и отсутствием каких-либо выраженных болезненных изменений". Официальное определение Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), которое содержится в предисловии к её уставу (1946) : "Здоровье – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов".

Существуют несколько понятий здоровья, имеющих разное содержание:

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

Популяционное здоровье – условное статистическое понятие, которое достаточно полно характеризуется комплексом демографических показателей, уровнем физического развития, заболеваемостью и частотой преморбидных (доболезненных) состояний, инвалидностью некоторой группы населения;

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

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

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

Значительно выше стала зависимость состояния здоровья человека от социально-экономических условий, среды его обитания появилась другая скорость изменения показателей, характеризующих здоровье (физическое развитие, заболеваемость, инвалидность, смертность) произошли характерные демографические изменения – постарение населения, урбанизация, сдвиги в структуре смертности и пр.

Определился ряд заболеваний, частота которых резко возросла в последние годы (болезни органов кровообращения, хронические неспецифические заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, отравления, травмы) увеличилась численность заболеваний, которые раньше реже встречались: эндокринные, аллергические, врождённые пороки, болезни иммунной системы и пр.

Возросла заболеваемость некоторыми инфекционными и другими болезнями: туберкулёзом, СПИДом, дифтерией, гепатитом, заболеваниями крови, аденовирусными болезнями и др.

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

Здоровье человека, в конечном счете, определяется совокупным влиянием природных и социально-экономических факторов жизни человека. 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.

В понятие "окружающая среда" входят и понятия "среда обитания", "производственная среда".

Среда обитания – комплекс взаимосвязанных абиотических (в том числе природно-климатических условий) и биотических факторов, находящихся вне организма и определяющих его жизнедеятельность. Это пространство, в котором осуществляется жизнедеятельность организма: жилой дом, место отдыха, транспортное средство, рабочее место и т.д.

Производственная среда – часть окружающей человека среды (среды обитания), образо-

ванная вредными и опасными производственными факторами и условиями, характеризующими рабочее место и воздействующими на человека в процессе трудовой деятельности.

Фактор окружающей среды может играть определённую роль в этиологии заболевания. Он способен выступать как этиологический причинный фактор, практически полностью определяющий развитие конкретного заболевания.

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

Приведём основные последствия воздействия факторов окружающей среды на организм человека: смерть – необратимый исход, болезнь – сочетание симптомов, 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, вот 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.),

неудовлетворённость жизнью – нарушение эмоционального и психического состояния (возбуждение, депрессия и др.).

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, её 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 вызвать 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.

Риск среды обитания по степени ее непригодности для человека проводится путем сравнения фактических параметров вредных факторов с установленными законом гигиеническими нормативами (ГН), предельно допустимыми уровнями (ПДУ), предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в воздухе, воде, почве, строительных и других материалах, продуктах пи-

тания и т.д.

Определяются вредные факторы среды обитания, которые могут быть неблагоприятны для здоровья человека, и их источников. Следующий этап – оценка экспозиции вредного фактора на организм человека. Обязательно должны быть подвергнуты анализу пути их поступления (контакта) в организм и демографический состав населения.

Неблагоприятное воздействие вредных и опасных факторов регистрируется в виде изменений показателей заболеваемости населения, основой которых является снижение адаптационных возможностей организма человека.

Расчеты риска дают возможность составлять прогнозы изменения здоровья в отдалённые периоды.

Получаемые сведения о риске здоровью 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 здоровью 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». По критериям риска условия труда классифицируются на основе трех составляющих: вредный производственный фактор, физиологическая реакция и здоровье работника.

Здоровье определяется следующими группами показателей:

- демографические показатели;
- показатели заболеваемости и распространенности болезней;
- инвалидность населения;
- показатели физического развития населения.

Для оценки здоровья индивидуума и общественного здоровья используются различные методы. При изучении биологического здоровья это пальпация, перкуссия, аускультация, внешний осмотр, то есть методы, основанные на восприятии органами чувств. Однако при исследовании общественного здоровья органы чувств не используются. Например, как можно при помощи органов чувств определить рождаемость? Следовательно, здесь нужны иные методы, а именно, методы подсчета или «санитарной статистики». Здоровье населения зависит от комплекса

факторов, которые взаимодействуют между собой, меняются во времени. Их влияние на уровни показателей здоровья неодинаково в различных регионах страны. Для изучения этих причинно-следственных закономерностей формирования и развития здоровья населения проводятся массовые статистические исследования. Статистический метод в оценке общественного здоровья аналогичен термометру (тонометру, электрокардиографу и т.д.), используемому при оценке индивидуального здоровья.

Статистика – общественная наука, изучающая количественную сторону массовых общественных явлений в неразрывной связи с их качественными особенностями (схема 2).

Органом управления статистикой является Комитет государственной статистики РФ (Госкомстат РФ), одним из отделов которого является отдел «статистики населения», куда включается и «медицинская статистика». Так, там разрабатываются данные о численности городского, сельского и всего населения административных территорий и возрастном-половом разрезе (форма статотчетности 2-РН); данные о числе рождений по возрасту и брачному состоянию матери (форма Р211); данные о количестве умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти (форма С51); данные об общих итогах естественного движения населения (форма А12) и т.д.

Тема 2. Виды взаимодействия человека со средой обитания

1. Общие понятия о взаимосвязи человека со средой обитания
2. Сенсорное и сенсомоторное поле
3. Адаптация человека к условиям окружающей среды
4. Научные основы гигиенического нормирования факторов окружающей среды

5. Задачи и принципы гигиенического нормирования

Методические рекомендации

Рассматривая данную тему, студенты должны уяснить, что человек и окружающая его среда в процессе жизнедеятельности гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Согласно современным представлениям, только на основе постоянного взаимодействия достигается гармоническое развитие и сохранение гомеостаза – физиологической основы здоровья.

В окружающем нас мире возникли новые условия взаимодействия живой и неживой материи, взаимодействие человека с техносферой. В таких условиях все чаще биологическое взаимодействие стало замещаться процессами физического и химического взаимодействия, когда потоки энергии, вещества и информации превышают допустимые уровни, оказывая негативное влияние на человека и природную среду.

Возможность получать информацию об окружающей среде, способность ориентироваться в пространстве обеспечивается сенсорными системами – органами чувств, которые воспринимают внешние раздражители, трансформируют их в нервный импульс и передают в головной мозг. Раздражение воспринимается специализированными элементами – рецепторами. Благодаря нервной системе организм функционирует как единое целое. Другой вид регуляции осуществляется системой химических посредников, которые вырабатываются специализированными клетками или органами и выделяются в кровь – эндокринная система. Кроме того, в организме существуют естественные неспецифические факторы защиты и иммунитет.

В восприимчивости организма к воздействию факторов окружающей среды большую роль играет гомеостаз, резистентность организма, работа механизмов саморегуляции, адаптация и компенсация функций. При отклонении параметров факторов окружающей среды от оптимальных уровней механизмы саморегуляции начинают функционировать с напряжением, и для поддержания гомеостаза в процесс включаются механизмы адаптации. Следует учитывать, что отсутствие раздражителей или их низкий уровень могут приводить к снижению адаптационных возможностей организма.

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.

Существует пассивный путь адаптации по типу толерантности, и активный, с помощью специфических адаптивных механизмов, включающих срочную адаптацию (стресс).

Нарушение уровня здоровья (снижение резистентности, иммунного статуса, адаптационно-компенсаторных возможностей организма), вызванное физическими, химическими, биологическими, психофизиологическими факторами, может возникнуть только при наличии трех составляющих: вредного или опасного фактора, механизма воздействия или передачи воздействия фактора и восприимчивости. Таким образом, основной задачей является научное обоснование комплекса профилактических мероприятий на устранение или уменьшение роли этих сил: научное обоснование гигиенических критериев, меры по увеличению пути миграции фактора, усиление иммунозащитной функции организма, профессиональный отбор, предварительные и периодические медицинские осмотры, производственное обучение, санитарное просвещение, санитарная экспертиза проектов, архитектурно-планировочные, технологические и санитарно-технические мероприятия.

Необходимо усвоить, что гигиеническое регламентирование призвано ограничить действие вредных факторов окружающей среды. В основе гигиенического нормирования лежат единые принципы обоснования гигиенических нормативов: приоритет медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (техническая достижимость); пороговость для всех типов действия неблагоприятных факторов; опережение разработки и внедрения профилактических мероприятий и средств защиты по сравнению с моментом появления опасного фактора.

При рассмотрении роли восприимчивости организма к воздействию факторов окру-

жающей 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 20-16,9кПа.

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

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

Следует учитывать, что отсутствие раздражителей или их низкий уровень могут приводить к снижению адаптационных возможностей организма и резистентности – устойчивости, сопротивляемости организма воздействию внешних факторов. Так, отсутствие светового раздражителя может привести к снижению функции зрительного анализатора, звукового – к снижению слухового анализатора. Отсутствие речевого воздействия (врожденная глухота) делает человека немым. Человек, постоянно обеспеченный жилищем, одеждой, другими благами цивилизации, оторванный от природы, защищенный от ее раздражающих и повреждающих факторов, попадая в эти условия, тяжелее переносит действие различных факторов окружающей среды. Вследствие урбанизации, автоматизации и механизации производственных процессов в настоящее время значительная часть населения находится в состоящий гиподинамии, испытывает мышечный голод, что приводит к детренированности организма, отрицательно влияет на состояние сердечно-сосудистой системы и т.д.

Неблагоприятные изменения в здоровье человека могут возникать значительно быстрее при воздействии на организм вредных и опасных факторов среды (радиация, физические и

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

2.2. Общие принципы и механизмы адаптации

Существуют два типа приспособлений к внешним факторам. Первый заключается в формировании определенной степени устойчивости к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его действия. Это адаптация по типу толерантности (выносливость) – пассивный путь адаптации. Второй тип приспособления – активный. С помощью особых специфических адаптивных механизмов организм человека компенсирует изменения воздействующего фактора таким образом, что внутренняя среда остается относительно постоянной. Происходит адаптация по резистентному (сопротивление, противодействие) типу. Помимо специфики фактора (влияние на те или иные процессы в организме), зависящей от его физико-химической природы, характер воздействия на организм и реакция на него со стороны организма человека во многом определяются интенсивностью фактора, его «дозировкой». Количественное влияние условий среды определяется тем, что такие факторы как температура воздуха, наличие в нем кислорода и других жизненно важных элементов, в той или иной дозе необходимы для нормального функционирования организма, тогда как недостаток или избыток того же фактора тормозит жизнедеятельность. Количественное выражение фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечивающее наиболее благоприятные условия для его жизни, рассматривают как оптимальное.

Специфические адаптивные механизмы, свойственные человеку, дают ему возможность переносить определенный размах отклонений фактора от оптимальных значений без нарушения нормальных функций организма. 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 (причинять вред, терпеть ущерб). Наконец, за пределами этих зон количественное выражение фактора таково, что полное напряжение всех приспособительных систем оказывается малоэффективным. Эти крайние значения приводят к летальному исходу, за пределами этих значений жизнь невозможна.

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

Если внешние условия в течение достаточно длительного времени сохраняются более или менее постоянными, либо изменяются в пределах определенного диапазона вокруг какого-то среднего значения, то жизнедеятельность организма стабилизируется на уровне, адаптивном по отношению к этому среднему, типичному состоянию среды. Смена средних условий во

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

1.Срочная, включающая стресс. Под термином «с т р е с с» (напряжение) понимаются неспецифические психофизиологические проявления адаптивной активности при действии любых, значимых для организма факторов. Примерами проявления срочной адаптации являются: пассивное увеличение теплопродукции в ответ на холод, рост легочной вентиляции и минутного объема кровообращения в ответ на недостаток кислорода.

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

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

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

Комплекс адаптивных реакций организма человека, обеспечивающий его существование в экстремальных условиях, получил название нормы адаптивной реакции. Процесс индивидуальной адаптации обеспечивается формированием изменений в организме, нередко носящих характер предпатологических или даже патологических реакций. Эти изменения, как следствие общего стресса или напряжения отдельных физиологических систем, представляют собой своеобразную «цену адаптации». Например, процесс адаптации к условиям Крайнего Севера может длиться десятки лет. При этом возможны временные срывы адаптации - повышенная заболеваемость органов дыхания, язвенная и сердечно-сосудистые болезни. Если уровни воздействия факторов окружающей среды выходят за пределы адаптационных возможностей организма, и адаптация переходит в четвертую стадию – стадию истощения, включаются дополнительные защитные механизмы. Это механизмы компенсации, противодействующие возникновению и прогрессированию патологического процесса, т.е. ответные силы организма на изменения окружающей среды в зависимости от степени этих изменений качественно различны и колеблются от физиологически оптимальных до патологических.

Таким образом, если адаптация обеспечивает гомеостаз в условиях здоровья, то компенсация – это борьба организма за гомеостаз в измененных условиях – условиях болезни. Если воздействие факторов среды на организм количественно превышает уровень нормы адаптации организма, то он теряет способность в дальнейшем адаптироваться к среде, так как возможность перестройки структурных связей системы исчерпана.

В естественных условиях обитания организм человека всегда подвержен влиянию сложного комплекса факторов, каждый из которых выражен в разной степени относительно своего оптимального значения. В природе сочетание всех факторов в их оптимальных значениях – явление практически невозможное. Это означает, что в естественных условиях организм всегда затрачивает какую-то часть энергии на работу адаптивных механизмов. Важно и то, что при комплексном воздействии между отдельными факторами устанавливаются особые взаимоотношения, при которых действие одного фактора в какой-то степени изменяет (усиливает, ослабляет и т.п.) характер воздействия другого. Например, тренировка к физическим нагруз-

кам 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.

Тема 3. Физиологические основы трудовой деятельности

1. Основы физиологии труда
3. Работоспособность и ее динамика
2. Классификация условий трудовой деятельности
4. Производственный стресс
- 5 Психология труда

Методические рекомендации

Студентам необходимо усвоить, что физиология труда изучает изменения функционального состояния организма человека под влиянием производственной деятельности с целью обоснования средств организации трудового процесса, способствующих предупреждению утомления, воздействию вредных и опасных производственных факторов и поддержанию высокого уровня работоспособности. Для решения этих вопросов необходимо ясное представление о физиологической сущности труда, тяжести и напряженности трудового процесса.

Необходимо уяснить, что при физических нагрузках (тяжесть трудового процесса) напряжение испытывает опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий: социально неэффективен, может приводить к нарушению гомеостаза, в частности температурного. Основными показателями тяжести трудового процесса являются: физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения, статическая нагрузка, рабочая поза, наклоны корпуса, перемещение в пространстве. Для оценки физической динамической нагрузки определяется масса груза, перемещаемого вручную в каждой операции и путь его перемещения в метрах.

Статическая работа связана с изометрическим сокращением мышц при постоянных нагрузках. Она характеризуется величиной удерживаемого груза и временем удержания его в статическом состоянии. Динамическая и статическая работа подразделяются на общую, региональную и локальную.

Умственный труд включает мыслительный и эмоциональный компоненты и состоит в переработке центральной нервной системой различных видов информации, что сопровождается увеличением мозгового кровотока. Особенностью умственного труда на современном этапе является переработка и интеграция огромного объема информации в условиях гипокинезии, что является фактором риска заболеваний сердечно-сосудистой, пищеварительной, эндокринной систем. Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на ЦНС, органы чувств, эмоциональную сферу работника. Оценка напряженности труда основана на анализе трудовой деятельности, которая изучается путем хронометражных наблюдений в динамике, всего рабочего дня (не менее одной недели). Все факторы трудового процесса сгруппированы по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные нагрузки.

Студентам необходимо усвоить, что работоспособность – величина функциональных возможностей организма, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Динамика работоспособности служит ориентиром при организации режимов труда и отдыха, исключающих переутомление и появление факторов риска возникновения профессиональных заболеваний и травм. Это научная основа разработки рационального режима труда и отдыха.

Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Актуальной проблемой медицины труда в настоящее время является развитие стрессового состояния на работе. Четко установлена связь между производственной средой, организацией труда, содержанием работы и развитием патофизиологических изменений в организме человека, влекущих за собой развитие различных (профессиональных) заболеваний.

Студентам необходимо усвоить, что функциональное состояние работника наряду с его профессиональной пригодностью являются основными факторами, определяющими надежность работы по человеческому фактору. В условиях трудовой деятельности для характеристики особенностей психических процессов с помощью специальных тестов изучают внимание, эмоции, память и другие свойства личности, оценивают профессиональную пригодность. Цель профотбора – получить информацию о профессиональной пригодности индивидуума должному профессионально-квалификационному уровню.

На современном этапе развития страны в промышленность, строительство и сельское хозяйство быстро внедряются новые виды энергии, химических веществ, создаются принципиально новые виды производств, технологических операций, что требует обстоятельного изучения вредных и опасных производственных факторов, их влияния на организм человека для разработки эффективных оздоровительных мероприятий.

Одними из важнейших понятий в безопасности труда являются условия труда - совокупность факторов трудового процесса и производственной среды, в которой осуществляется деятельность человека. Они могут оказывать на работников вредное воздействие.

Вредным производственным фактором называется фактор среды обитания, воздействие которого на работника при определенных условиях (интенсивность, длительность и др.) может вызвать производственно обусловленное и профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту общих заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Все вредные производственные факторы делятся на следующие группы:

- физические факторы: температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение; неионизирующие электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля (в том числе геомагнитное), электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц), электромагнитные излучения радиочастотного, оптического диапазона (в том числе лазерное, видимое, ультрафиолетовое); ионизирующие излучения; производственный шум; ультразвук, инфразвук, вибрация (локальная и общая);

- химические факторы: жидкости, газы, пары химических веществ, аэрозоли (пыли); некоторые вещества, получаемые химическим синтезом (антибиотики, витамины, ферменты);

- биологические факторы: микроорганизмы-продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в препаратах, патогенные микроорганизмы;

- психофизиологические (факторы трудового процесса): тяжесть труда (физические нагрузки) - нагрузка на опорнодвигательный аппарат и другие системы организма, обеспечивающие его деятельность; напряженность труда (нервнопсихические перегрузки) - внимание, плотность сигналов перерабатываемой производственной информации, эмоциональное напряжение и т.п.

Опасными являются факторы среды обитания, которые могут стать причиной острого заболевания или внезапного ухудшения состояния здоровья и даже смерти.

Безопасными считаются такие условия труда, при которых воздействие на работников вредных и опасных производственных факторов исключено или их уровни не превышают гигиенических нормативов.

В соответствии с Руководством Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» условия труда разделены на четыре класса:

1-й класс - оптимальные условия труда, при которых сохраняется не только здоровье работников, но и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности;

2-й класс - допустимые условия труда, при которых уровни производственных факторов и трудового процесса не превышают установленных гигиенических нормативов, а возможные изменения функционального состояния организма исчезают за время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не окажут неблагоприятного воздействия в ближайшем и отдаленном периодах на состояние здоровья работников, их потомство;

3-й класс - вредные условия труда, подразделяемые на четыре степени вредности по количественным и качественным параметрам конкретного фактора:

1-я степень (3.1) - условия труда с такими отклонениями уровней вредных производственных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, исчезающие, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерыванию контакта с вредными производственными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

2-я степень (3.2) - условия труда с такими уровнями производственных факторов, которые могут вызывать стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (повышение заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных производственных факторов), проявлению начальных признаков форм профессиональных заболеваний, возникающих после длительного стажа работы (свыше 15 лет);

3-я степень (3.3) - условия труда с такими уровнями вредных и опасных производственных факторов, воздействие которых приводит к развитию легких и средних форм профессиональных заболеваний и к риску хронических производственно обусловленных заболеваний, включая повышенную заболеваемость с временной утратой трудоспособности;

4-я степень (3.4) - условия труда, в которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (отравлений) с потерей общей трудоспособности, значительное увеличение хронических заболеваний с временной утратой трудоспособности;

4-й класс - опасные (экстремальные) условия труда, в которых воздействие производственных факторов в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития профессиональных поражений, в том числе тяжелых форм.

Контроль условий труда, оценка оздоровительных мероприятий, проведение социально-гигиенического мониторинга, составления санитарно-гигиенических характеристик условий труда, расследование случаев профессиональных заболеваний (отравлений), установление профессионального риска, назначение мер административного воздействия при выявлении санитарных правонарушений, а при необходимости и привлечение виновных к дисциплинарной и уголовной ответственности прописаны в указанном выше Руководстве.

Гигиеническая оценка существующих условий и характера труда производится на основе инструментальных измерений физических, химических, биологических и психофизиологических факторов.

Продолжительность воздействия вредного производственного фактора на работников устанавливается на основе хронометражных измерений на рабочем месте.

Для определения возможной опасности повреждения здоровья от неблагоприятного воздействия опасных и производственных факторов разработан документ Р 2.2.1766-033 «Руководство по оценке риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки», который необходимо использовать при осуществлении контрольно-надзорных функций, социальногигиенического мониторинга в целях сохранения и укрепления здоровья работников, их социальной защиты. С его помощью можно дать количественную оценку степени риска ущерба для здоровья работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов по вероятности нарушений здоровья и с учетом их тяжести. Получаемые сведения являются объективным основанием для принятия управленческих решений по ограничению риска, возможных заболеваний и оптимизации условий труда работников. Появилась реальная возможность управления риском и действий, направленных на обеспечение безопасности для жизни и здоровья работников.

Критериями безвредных условий труда определены также сохранение жизни, здоровья,

функциональных особенностей организма, продолжительность жизни, здоровье будущих поколений.

Анализ риска состоит из оценки риска, управления риском и информации о риске. Оценка риска включает выявление опасности, оценку экспозиции и характеристику риска.

Управление риском - принятие решений и действия, направленные на обеспечение безопасности и здоровья работников.

Информацию о риске доводят до работодателей, работников и других заинтересованных сторон с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации условий и этических норм.

Важное значение в устойчивой жизнедеятельности организма, стабильном функционировании его органов и систем придается состоянию гомеостаза.

Гомеостаз (от греч. *homoios* - подобный, одинаковый и *statis* - неподвижность, состояние) - это относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма.

Существующая в организме гомеостатическая регуляция физиологических процессов характеризуется совокупностью сдвигов, развивающихся на всех уровнях системной организации под влиянием внешних и внутренних раздражений, что приводит к переходу организма на новый уровень функционального состояния и устойчивой активности.

В ходе эволюционного развития живые существа приспосабливались к действию широкого спектра природных условий: гравитации, барометрическому давлению, колебаниям уровня космических и тепловых излучений, газовому составу атмосферы, смене дня и ночи, смене времени года, изменениям освещенности, влажности, температуры, радиации и многим другим. Выживание того или иного вида зависело от того, насколько он мог адаптироваться к этим изменениям среды, что и определило результат естественного отбора.

С появлением человека, как члена общества его ареал резко расширился. Кроме природных, он стал испытывать на себе и разнохарактерные социальные влияния. Поэтому, исходя из признания биосоциальной природы человека, при анализе его приспособительной деятельности необходим не только учет физических, химических и биологических факторов, но и факторов чисто социальных. Вся совокупность воздействий на организм человека, независимо от их природы, принято делить на две категории: экстремальные и субэкстремальные факторы. Экстремальные факторы несовместимы с выживанием, они в отсутствии средств жизнеобеспечения неизбежно ведут к развитию патологии и смерти организма. При действии субэкстремальных факторов жизнь возможна за счет физиологических адаптивных механизмов.

Важная роль в механизмах адаптации, возникающей в необычных условиях существования, принадлежит общему адаптационному синдрому, по-другому стресс-реакции.

Понятие стресса первоначально возникло в физиологии для обозначения неспецифической генерализованной реакции организма, - "общего адаптационного синдрома" (Г.Селье, 1936) в ответ на любое неблагоприятное воздействие.

С точки зрения учения о гомеостазе, стресс можно определить как механизм восстановления нарушенного постоянства психических, физиологических и биохимических процессов в организме. Стресс вызывают любые факторы, нарушающие гомеостаз. Эти факторы носят название экстремальных или по-другому называются стрессорами. При этом экстремальными считаются не только явно вредные воздействия, но и предельные, крайние значения тех элементов ситуации, которые в средних своих значениях служат оптимальным, рабочим фоном или, по крайней мере, не ощущаются как источник дискомфорта.

Перечень стрессоров весьма разнообразен: от простых физико-химических стимулов: температура, шум, газовый состав атмосферы, токсичные вещества, до сложных психологических и социально-психологических факторов - риск, опасность, дефицит времени, новизна и неожиданность ситуации, повышенная значимость деятельности и т.д.

В зависимости от вида стрессора и механизма его воздействия выделяют различные типы стресса. Наиболее общая классификация выделяет физиологический и психологический виды стрессов.

Физиологический стресс представляет собой непосредственную реакцию организма на воздействие однозначно определенного стимула, как правило, физико-химической природы.

Соответствующие этому типу состояния характеризуются, главным образом, выраженными физиологическими сдвигами - признаками вегетативной и нейрогуморальной активизации и соответствующими им субъективными ощущениями физического дискомфорта.

Психологический стресс характеризуется включением сложной иерархии психических процессов. Физиологические проявления при этом сходны с описанными в физиологическом стрессе, тогда как спектр психологических и поведенческих проявлений значительно разнообразнее. Наиболее типичными из них являются изменения в протекании различных психических процессов, - восприятия, памяти, мышления, нарушением двигательного и речевого поведения вплоть до его полной дезорганизации.

Одним из наиболее интересных аспектов изучения стресса является анализ процесса реагирования на экстремальное воздействие.

Любое достаточно сильное воздействие на организм экзо- или эндогенного происхождения - звук, свет, инфекционное заболевание и т.д. вызывает целый комплекс реакций неспецифического порядка. Эти реакции направлены на лучшее приспособление организма к неожиданно изменившимся условиям жизни и, как уже упоминалось, названы Селье адаптационным синдромом, а само состояние мобилизации защитных сил - стрессом.

Селье различает генерализованный или общий адаптационный синдром и местный локальный адаптационный синдром (адаптационные реакции на ограниченном участке тела, на который непосредственно действует раздражитель). Генерализованный синдром - это ответная реакция всего организма, которая при достаточно длительном воздействии стрессора проходит последовательно три стадии:

- реакция тревоги (мобилизация всех защитных сил). Организм меняет свои характеристики, будучи подвергнут стрессу. Но сопротивление его недостаточно, и если стрессор сильный (тяжелые ожоги, крайне высокие и крайне низкие температуры), может наступить смерть;
- стадия сопротивления, устойчивости (выработаны механизмы долговременной адаптации). Если действие стрессора совместимо с возможностями адаптации, организм сопротивляется ему. Признаки реакции тревоги практически исчезают, уровень сопротивления поднимается значительно выше обычного;
- стадия истощения (срыв адаптационных механизмов). После длительного действия стрессора, к которому организм приспособился, постепенно истощаются запасы адаптационной энергии. Вновь появляются признаки реакции тревоги, но теперь они необратимы, и индивид погибает.

Во время первой стадии тревоги - исходный уровень резистентности снижается (шок), а затем возвращается к норме. Эту стадию Селье назвал "призывом к оружию защитных сил организма". Если сила стрессора велика, организм может погибнуть в период тревоги. Если воздействие умеренное, то вслед за стадией тревоги наступает адаптация к воздействию - стадия резистентности. Уровень устойчивости организма на этой стадии превышает исходный. При длительном воздействии повреждающего агента после стадии резистентности может наступить третья стадия — истощение и смерть организма. Симптомы третьей стадии напоминают симптомы первой, но носят необратимый характер.

Что же происходит в организме во время стресса и позволяет изменяться резистентности в довольно значительных пределах?

В период первой стадии в организме отмечают:

- гемоконцентрацию (сгущение крови);
- гиперкальциемию (увеличение содержания Ca_2 в крови);
- ацидоз (увеличение количества анионов, нарушение кислотно-щелочного равновесия);
- гипергликемию (увеличение содержания сахара в крови);
- генерализованное повреждение тканей с преобладанием диссимиляционных явлений (распад сложных органических веществ с освобождением энергии, потеря веса);
- гипотермию (понижение температуры);

- лейкопению (уменьшение числа лейкоцитов в крови, выходящие за пределы обычных колебаний) и т.д.

Во второй стадии происходят изменения противоположного направления: разжижение крови, анаболизм тканей с возвращением к нормальному весу и т.д.

Реакция фазы истощения напоминает фазу тревоги, но реакции носят необратимый характер.

Исходы стресс-реакции могут быть различными: либо стресс как адаптивный механизм ведет к новому или исходному состоянию и восстановлению гомеостаза; либо может стать механизмом развития болезни и гибели организма.

В отечественной литературе часто встречается определение стресса как "...формирование общего адаптационного синдрома "... в ответ на любое неблагоприятное воздействие. Однако в своем труде «Стресс без дистресса» (1974) Селье пишет: "Стресс есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование".

С точки зрения стрессовой реакции не имеет значения, приятна или неприятна ситуация, с которой мы столкнулись. Имеет значение лишь интенсивность потребности в перестройке или в адаптации.

Стресс не является результатом повреждения. Любая нормальная деятельность - игра в шахматы или двигательная активность может вызвать значительный стресс, не причинив вреда.

Вредоносный или неприятный стресс называют дистрессом.

stress— давление, нажим, напряжение.

distress-горе, несчастье, недомогание, истощение.

Деятельность, связанная со стрессом, может быть приятной или неприятной. Дистресс всегда неприятен, вредоносен. По мнению Селье, полная свобода от стресса означает смерть. Он приводит следующую схему

Уровень стресса наиболее низок в период равнодушия, но никогда не равен нулю.

Согласно теории Селье депривация и избыточное раздражение в равной мере сопровождаются возрастанием уровня стресса, порой до степени дистресса.

При отклонении параметров физических, химических, биологических и социальных факторов от оптимальных уровней механизмы саморегуляции начинают функционировать с напряжением и для поддержания гомеостаза в процесс включаются механизмы адаптации.

Саморегуляция как основа адаптивных реакций организма осуществляется в соответствии с двумя принципами. Первый принцип саморегуляции носит название "отрицательной обратной связи". В этом случае регулирующие механизмы приводятся в действие изменениями состояния или функционирования организма. Развиваются процессы, посредством которых эти отклонения устраняются.

Второй принцип "положительной обратной связи", благодаря которой процесс, возникнув, усиливается и поддерживает сам себя.

Обратная связь - это связь на выходе системы. Она улавливает те или иные отклонения, уже возникшие в состоянии системы. Основанные на этом регуляторные механизмы работают по принципу "рассогласования". Деятельность их включается в тот момент, когда в состоянии системы уже наступают отклонения от заданной величины, т.е. когда возникает рассогласование между заданной (необходимой) и фактически возникшей величиной. Механизмы, работающие по этому принципу широко распространены в организме.

Компенсация - это вариант адаптивной реакции, при котором функциональная недостаточность поврежденного органа ликвидируется за счет усилия деятельности взаимосвязанных с ним органов и систем.

Адаптация - способность организма приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды, выработанная в процессе эволюционного развития. Адаптация имеет большое значение для организма человека, так как позволяет ему не только приспосабливаться к значительным изменениям в окружающей среде, но и активно перестраивать свои физиологические функции, поведение в соответствии с этими изменениями.

Существуют два типа приспособлений к внешним факторам. Первый заключается в формировании определенной степени устойчивости к данному фактору, способности со-

хранять 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».

Г. Селье установил четыре стадии фазового течения адаптации:

1. Срочная стадия, включающая стресс. Под термином «стресс» (напряжение) понимаются неспецифические психофизиологические проявления адаптивной активности при действии любых, значимых для организма факторов. Примерами проявления срочной адаптации являются: пассивное увеличение теплопродукции в ответ на холод, рост легочной вентиляции и минутного объема кровообращения в ответ на недостаток кислорода;

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

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

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

Комплекс адаптивных реакций организма человека, обеспечивающий его существование в экстремальных условиях, получил название нормы адаптивной реакции. Процесс индивидуальной адаптации обеспечивается формированием изменений в организме, нередко носящих характер предпатологических или даже патологических реакций. Эти изменения, как следствие общего стресса или напряжения отдельных физиологических систем, представляют собой своеобразную «цену адаптации». Например, процесс адаптации к условиям Крайнего Севера может длиться десятки лет. При этом возможны временные срывы адаптации - повышенная заболеваемость органов дыхания, язвенная и сердечнососудистые болезни. Если уровни воздействия факторов окружающей среды выходят за пределы адаптационных возможностей организма, и адаптация переходит в четвертую стадию - стадию истощения, включаются дополнительные защитные механизмы. Это механизмы компенсации, противодействующие возникновению и прогрессированию патологического процесса, т.е. ответные силы организма на изменения окружающей среды в зависимости от степени этих изменений качественно различны и колеблются от физиологически оптимальных до патологических.

Таким образом, если адаптация обеспечивает гомеостаз в условиях здоровья, то компенсация - это борьба организма за гомеостаз в измененных условиях - условиях болезни. Если воздействие факторов среды на организм количественно превышает уровень нормы адаптации организма, то он теряет способность в дальнейшем адаптироваться к среде, так как возможность перестройки структурных связей системы исчерпана.

Тема 4. Вредные вещества, их воздействие на человека. Основы промышленной токсикологии

1. Общие сведения о токсичности веществ
2. Факторы токсической ситуации
3. Параметры токсичности и опасности вредных веществ

4. Профессиональные заболевания токсико-химической природы на железнодорожном транспорте

5. Гигиеническое нормирование

Методические рекомендации

Студентам необходимо усвоить, что патологическое состояние, развивающееся вследствие взаимодействия вредного химического вещества с организмом, называется интоксикацией, или отравлением. В настоящее время синтезированы миллионы химических веществ и смесей, из которых 60 тысяч находят свое практическое применение. Практически все вещества могут быть ядовитыми, однако к ядам принято относить лишь те, которые проявляют свое вредное воздействие в обычных условиях в небольших количествах. В результате действия химических веществ, среди населения имеют место «экологические» заболевания, обусловленные природными и антропогенными факторами. В зависимости от дозы и времени воздействия развиваются острые или хронические отравления. Взаимодействие яда с организмом рассматривается в двух аспектах: как влияет вещество на организм (токсикодинамика) и что происходит с веществом в организме (токсикокинетика).

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

Необходимо уяснить, что в организм химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и кожу. Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, грубых нарушений требований безопасности труда и характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ (в течение одной смены); поступлением в организм больших количеств яда. Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Для них характерна материальная и функциональная кумуляция. Повторное воздействие одного и того же яда в «субтоксической» дозе может приводить к кумуляции, сенсibilизации, привыканию. Изучение кумулятивного действия необходимо при решении задач охраны окружающей среды, т. к. следовые колебания количества вещества могут действовать в течение одного или нескольких поколений, накапливаясь в трофических цепях.

Студентам необходимо усвоить, что в окружающей среде и на производстве редко встречается изолированное действие вредных веществ. В среду окружающую человека ежегодно поступают новые химические агенты, что приводит к непрерывному изменению химического состава среды проживания человека. Современные технологические процессы характеризуются одновременным поступлением в воздух рабочей зоны производственных помещений многих вредных веществ. В связи с этим различают комбинированное, комплексное и сочетанное действие вредных факторов различного происхождения. О реальной опасности развития интоксикации можно судить по показателям токсикометрии.

На железнодорожном транспорте широко применяются растворители; бензин, бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирты, токсическое действие которых проявляется поражением нервной системы, печени, системы кроветворения. Работники железнодорожного транспорта контактируют со свинцом и свинец содержащими сплавами, с полимерными соединениями, синтетическими смолами, с охлаждающими эмульсиями, дизельным топливом, продуктами переработки каменного угля. Все вышеперечисленное является факторами риска возникновения профессиональных заболеваний: токсических поражений органов дыхания, токсической анемии, заболеваний нервной системы, глаз, аллергических заболеваний. Профессиональные заболевания, вызванные воздействием аэрозолей (пневмокониозы, хронический пылевой бронхит) занимают второе место по частоте среди профессиональных заболеваний в России.

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ используют гигиеническое нормирование их содержания в различных средах. Это ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ), предельно допустимая концентрация вредных веществ (ПДК) в воздухе рабочей зоны, в атмосферном воздухе населенных мест, водоемов, почвы.

Токсикология (от греческого *toxicon* – яд, *logos* – учение) – наука о потенциальной опасности вредного воздействия веществ на живые организмы и экосистемы. Она изучает также механизмы токсического действия, диагностику, профилактику и лечение отравлений.

Токсикологию можно подразделить на три обобщенных и взаимосвязанных направления: Экспериментально-теоретическое, профилактическое (гигиеническое) и клиническое. Первая из них изучает основные закономерности взаимодействия вещества с биологическими объектами.

Профилактическая токсикология занимается предупреждением потенциальной опасности вредного воздействия веществ на живые организмы и экосистемы.

Клиническая токсикология исследует заболевания, возникающие вследствие влияния на человека химических веществ окружающей среды.

Особое место принадлежит промышленной токсикологии, изучающей действие на человека вредных веществ, встречающихся в производственных условиях, с целью разработки санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на создание наиболее благоприятных условий труда

Токсикология экологическая – относительно молодой раздел токсикологии, изучающей действие веществ на живые объекты, популяции, экосистемы. При этом основное внимание уделяется не отдельным организмам, а их связям, т.е. биоценозам и экосистемам, а также трансформации веществ в окружающей среде.

Токсичность (от греч. toxikon-яд), способность вещества вызывать нарушения физиологических функций организма, в результате чего возникают симптомы интоксикаций (заболевания), а при тяжелых поражениях-его гибель.

Степень токсичности вещества характеризуется величиной токсической дозы - количеством вещества (отнесенным, как правило, к единице массы животного или человека), вызывающим определенный токсический эффект Чем меньше токсическая доза, тем выше токсичность

Различают среднесмертельные дозы (медианносмертельные, сокращенно ЛД50 или LD50), абсолютно смертельные (ЛД90-100,LD90-100), минимально смертельные (ЛД0-10, LD0-10), среднеэффективные (медианноэффективные, ED50) - вызывающие определенные токсические эффекты, пороговые (ПД50, PD50) и другие (цифры в индексе - вероятность в % появления определенного токсического эффекта - смерти, порогового действия и др.).

Ядом (токсикантом) называется вещество, вызывающее отравление или смерть при попадании в организм в малом количестве. 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.

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.

Вредное воздействие химических соединений проявляется в виде заболевания или нарушения состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами как в процессе контакта с веществами, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего 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 развиваться острые и хронические отравления.

Острые отравления характеризуются кратковременностью действия относительно больших количеств вредных веществ и ярким типичным проявлением непосредственно в момент воздействия или через сравнительно небольшой (обычно в несколько часов) скрытый (патентный) период.

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

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

Любой организм представляет собой открытую систему, которая находится в постоянном обмене веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Живой организм постоянно подвергается различным воздействиям среды, часто негативным, однако он сохраняет свои морфологические, функциональные и биохимические характеристики в определенных пределах, в пределах нормальных параметров жизнедеятельности и реакций на эти воздействия. Это достигается посредством автоматической саморегуляции гомеостаза.

Гомеостаз - свойство живых организмов сохранять относительное динамическое постоянство внутренней среды, сложившееся в процессе эволюции и генетически детерминированное. Существует три уровня (три типа) саморегуляции: низший - регулирует относительное постоянство основных физиологических и биохимических параметров жизнедеятельности; средний - регулирует приспособительные реакции в связи с изменением внутренней среды организма; высший - регулирует поведение организма и его адаптацию к внешней среде, здесь осуществляется выход на более высокий уровень межорганизменных популяционных взаимодействий и регуляций. Основными механизмами, регулирующими гомеостаз на организменном уровне, являются: нервный, гормональный, иммунный и генетический.

Изучение воздействия токсических веществ можно проводить на любом уровне регуляции гомеостаза. Однако каждый уровень имеет свои специфические особенности ответного реагирования на токсическое воздействие.

Вмешиваясь в молекулярные механизмы функционирования, химические агенты изменяют нормальное течение биосинтетических процессов, активность ферментов, чувствительность молекулярных рецепторов. Изменения в молекуле ДНК могут давать мутации, приводящие к различным генетическим отклонениям на клеточном, тканево-органном и организменном уровнях. Действуя на клеточном уровне, химические агенты вызывают разрушение клеточных мембран, изменяют их проницаемость, дезорганизуют клеточный метаболизм и могут вызвать гибель клеток. На тканево-органном уровне токсические воздействия нарушают жизненно важные функции организма, вызывают стресс, шок, гипоксию, аллергические реакции. Токсические нарушения на уровне организма вызывают острую или хроническую интоксикацию с различной симптоматикой вплоть до летального исхода и различные химические болезни. Действуя на популяционном уровне, токсические агенты изменяют численность популяций, вызывают их гибель, смену экологических ниш и биоценозов.

Вторгаясь в живой организм, химические агенты производят чрезвычайные нарушения на самом глубоком молекулярном уровне, вмешиваясь в интимные биохимические процессы. Нарастая, первичные нарушения молекулярного уровня переходят на уровни более высокого порядка: клеточный, тканево-органный, организменный. Если количество токсина и скорость его поступления превышают детоксикационные возможности организма, нарушения гомеостаза на разных уровнях его регуляции становятся более существенными и могут стать несовместимыми с жизнью. Чем сильнее и внезапней удар по гомеостазу, тем меньше возможностей для противостояния ему организма. При постепенном развитии явлений интоксикации гомеостатические механизмы успевают включиться в процесс детоксикации, что обеспечивает восстановление гомеостаза до уровня, совместимого с жизнью, и даже до уровня адаптации организма к химическому воздействию.

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

Освобождение организма от ядов производится усилением отдельных естественных физиологических процессов (вызывание рвоты, промывание желудка, очищение кишок, форсированный диурез, гипервентиляция), искусственной детоксикации (гемодиализ, перитонеаль-

ный диализ, гемосорбция, обменное переливание крови и др) или методом антидотной терапии.

Вызывание рвоты: После поступления ядов в желудок может наступить рефлекторная рвота, как самопроизвольный акт. Ее можно вызвать механическим раздражением глотки и корня языка, а также применение 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.

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. Назначают мочегонные средства. Скорость выделения ядов зависит от рН мочи. От рН мочи зависит диссоциация в ней веществ, являющиеся слабыми кислотами или слабым основанием. Чем лучше диссоциируют ядовитые вещества, тем в больших количествах они выделяются с мочой. Метод диуреза в основном используется при отравлении веществами, которые легко выводятся из организма почками. Этот метод является малоэффективным в тех случаях, если токсические вещества связаны с белками прочными связями, а также если яды относятся к числу жиростойких веществ.

Промывание желудка: Для детоксикации широко применяется промывание желудка с помощью зонда. При отравлении хлорорганическими и фосфорсодержащими ядохимикатами желудок промывают несколько раз через 3-4 часа. Промывают желудок и при отравлении сильными кислотами. В этих случаях для промывания желудка нельзя применять раствор гидрокарбоната натрия.

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 применяются активированный уголь и ионообменники (иониты). Гемосорбция проводится 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, проходя через сорбент освобождается от токсических веществ.

Форсированное дыхание: В отдельных случаях форсированное дыхание является эффективным методом ускоренного выведения некоторых ядов из организма. Применим при отравлении летучими ядами, которые в определенной степени выделяются из организма легкими. Применяется аппарат искусственного дыхания. Показан при отравлении трихлорэтиленом, органическими растворителями, оксидом углерода.

Гемодиализ: Один из эффективных методов ускорения выведения токсических веществ из организма. Проводится с помощью аппарата, известного как "искусственная почка". Оснащен полупроницаемой мембраной, через которую в процессе гемодиализа из крови выделяются токсические вещества. Диффузия во время гемодиализа осуществляется через искусственную избирательно проницаемую мембрану, с одной стороны которой находится кровь пациента, а с другой — диализирующий раствор. В зависимости от размера пор и других характеристик мембраны из крови могут удаляться вещества с различной молекулярной массой — от натрия, калия, мочевины до белков (β 2-микроглобулин). Из диализирующего раствора в кровь пациента также могут переходить электролиты (натрий, калий, кальций, хлорид и т. д.) и крупномолекулярные вещества. Поэтому диализирующий раствор содержит определенную концентрацию электролитов для поддержания их баланса в организме пациента и проходит специальную очистку, чтобы не допустить попадания бактериальных токсинов или токсичных веществ в кровоток пациента. Следует отметить, что при диффузии из крови практически не удаляются связанные с белками и гидрофобные токсические вещества.

Основные токсикологические характеристики. Степень токсичности вещества измеряется его абсолютным количеством (дозой), вызывающим определенный биологический эффект, те или иные патологические изменения в организме. Из двух веществ более токсическим

является то, которое вызывает одинаковые патологические проявления в меньшей дозе (или концентрации).

Неблагоприятный эффект воздействия различных доз и концентраций может проявляться в форме гибели организма или его функциональных изменениях. 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 ЛД_{min} - ЛК_{min} - наименьшее количество (концентрация) вещества, уже способное вызвать гибель отдельных животных;

Максимальная (абсолютно смертельная) или стопроцентная доза (концентрация) ЛД_{max} (ЛД₁₀₀), ЛК_{max} (ЛК₁₀₀) - наименьшее количество (концентрация) вещества, которое вызывает гибель всех подопытных животных.

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

Среднесмертельная (или абсолютно смертельная) дот при нанесении на кожу ЛД_{50к} - количество вредного вещества, вызывающего гибель 50 или 100% животных соответственно при однократном нанесении на кожу.

Среднесмертельная (или абсолютно смертельная) концентрация вещества в воздухе ЛД₅₀ - концентрация вредного вещества, вызывающего гибель 50 или 100% животных соответственно при ингаляционном воздействии в течении 2-4 часов.

Порог вредного действия (однократного Lim_{ac} и хронического Lim_{ch} - это минимальная концентрация (доза) вещества в объекте окружающей среды, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, т.е. скрытая (временно компенсированная) патология.

Порог специфического (избирательного) действия Lim_{sp} - минимальная концентрация (доза), вызывающая изменения биологических функций отдельных органов и систем организма, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций.

Тема 5. Биологические факторы

1. Влияние микроорганизмов-продуцентов на состояние здоровья человека.
2. Аллергические заболевания
3. Зооантропонозы
4. ВИЧ-инфекция
5. Гигиеническое нормирование и профилактика

Методические рекомендации

Студенты должны усвоить, что все население живет в условиях воздействия биологического фактора. Патогенные микроорганизмы (микробы, вирусы, риккетсии, грибы) являются обычной средовой микрофлорой, но при определенных условиях могут становиться неблагоприятным фактором для здоровья и жизни человека. Люди имеют контакты с биологическим фактором в помещениях, где проживают, работают или отдыхают, при приеме пищи, лекарственных препаратов. Население испытывает его негативное воздействие при уходе за домашними животными, птицей, при контакте с продуктами их переработки и жизнедеятельности. В производственных условиях воздействию биологического фактора особенно подвержены работники сельскохозяйственной, мясо-молочной, деревообрабатывающей промышленности, производства антибиотиков, витаминов и пр.

Проникая в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу, биологический фактор может оказывать токсическое, раздражающее, аллергическое действие и привести к возникновению различных заболеваний: поллинозам, ринитам, конъюнктивитам, бронхиальной астме, крапивнице. В качестве инфекционных, паразитарных и аллергических

заболеваний следует назвать зооантропонозы: туберкулез, бруцеллез, сибирскую язву, клещевой энцефалит, орнитоз,

и др. В случаях возникновения данных заболеваний у работников, имеющих контакт с больными животными, или продуктами их переработки они являются профессиональными. У медицинских работников профессиональным заболеванием может стать синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Источником заболевания являются больные люди. Вирус обнаруживается в крови, слюне, сперме, слезах и передача инфекции возможна при медицинских манипуляциях.

Содержание микробов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов подлежит контролю в объектах производственной и окружающей среды в соответствии с требованиями, приведенными в ГН 2.2.6.709-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов – продуцентов, бактериальных препаратов и компонентов в воздухе рабочей зоны». В соответствии со ст. 26 Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» условия работы с биологическими веществами, биологическими и микробиологическими организмами и их токсинами, в том числе в области генной инженерии, и с возбудителями инфекционных заболеваний не должны оказывать вредное воздействие на человека. К другим мерам профилактики относится раннее диагностирование аллергических заболеваний при прохождении периодических медосмотров, личная гигиена, средства индивидуальной защиты.

Аллергия – это хроническое заболевание, вследствие нетипичного ответа иммунной системы на воздействие веществ, которые обычно не приводят к патологическим реакциям: продукты питания, пыльца растений, домашняя пыль, шерсть животных, лекарства, яд некоторых насекомых и пр.

Аллергическая реакция проявляется в виде различных симптомов после повторного соприкосновения аллергена (вещества, вызывающего аллергию) с тканями организма.

Причины

Аллергия является формой иммунного ответа на различные вещества. Аллергеном, потенциально способным вызвать такую реакцию, может быть практически любая субстанция.

Однако существует перечень наиболее распространенных аллергенов.

Чаще всего в роли аллергенов выступают разные белковые структуры, при повторном контакте с которыми наш организм распознает их как чужеродные и пытается нейтрализовать. Приведем примеры аллергенов, которые встречаются наиболее часто:

• так называемая «большая восьмерка» пищевых аллергенов: молоко, яйца, арахис, соя, рыба, пшеница, моллюски и ракообразные.

- бобовые, злаки, красные овощи, фрукты и ягоды, цитрусовые, мед;
- пыль и клещи домашней пыли;
- пыльца растений;
- плесневые грибы;
- лекарственные препараты: антибиотики пенициллинового ряда, сульфаниламиды, местные анестетики, салицилаты;
- животные, в частности, перхоть животных и их выделения (например, слюна);
- тараканы;
- пчелиный и осиный яд;
- химические вещества, используемые в быту: стиральный порошок, средства для мытья посуды, латекс (в составе хозяйственных перчаток), и т. п.;
- белки, содержащиеся в донорской плазме и вакцинах и т.д.

Развитие аллергической реакции проходит в несколько этапов. Первый этап – первичный контакт с аллергеном, или сенсибилизация. Начинается активация иммунной системы в ответ на внедрение чужеродного белка (например, видоспецифичный β -лактоглобулин коровьего молока).

После распознавания белка клетками иммунной системы образуются специфические антитела – иммуноглобулины.

При повторном контакте с тем же белком срабатывает механизм «иммунологической памяти» и лавинообразно происходит выработка специфических иммуноглобулинов (IgE, IgM, IgG, IgA) для быстрого связывания этого белка. Параллельно с этим синтезируются специальные активные вещества (медиаторы аллергии), которые способствуют повышению сосудистой проницаемости, усилению секреции слизи, сокращению гладкой мускулатуры бронхов, привлечению в очаг аллергической реакции иммунных клеток.

При этом развиваются типичные клинические симптомы аллергии: зуд, чихание, слезотечение, покраснение, отек, появление сыпи.

Одной из характерных аллергических реакций является IgE-зависимое воспаление слизистых оболочек носа, бронхов, конъюнктивы.

Классификация

Иммунологи выделили следующие типы реакций гиперчувствительности:

- I тип, или гиперчувствительность по реагиновому анафилактическому механизму (IgE-опосредованная);
- гиперчувствительность по II типу (цитотоксическая);
- гиперчувствительность по III типу (иммунокомплексная);
- гиперчувствительность по IV типу (клеточно-опосредованная, или замедленная);
- гиперчувствительность по V типу (аллергические реакции аутоантител, аутоаллергия).

Наиболее часто аллергические реакции развиваются по I типу гиперчувствительности.

Симптомы

Выраженность симптомов и их разнообразие зависят от клинического типа аллергии, а также от тяжести течения болезни.

Среди неспецифических симптомов любой аллергии выделяют слабость, раздражительность, перепады настроения, нарушение концентрации внимания, сна, головную боль.

У детей наблюдается ухудшение успеваемости в школе, капризность, вялость, плаксивость.

При **аллергическом конъюнктивите** наблюдается отек и покраснение век обоих глаз, расширение сосудов конъюнктивы, слезотечение, зуд, помутнение зрения.

Основными симптомами **аллергического ринита** являются: прозрачные выделения из носа, приступообразное чихание, зуд и жжение в носу, чувство заложенности носа, храп, гнусавость голоса. Иногда присоединяется кашель (из-за раздражения задней стенки глотки слизью), возможно снижение обоняния, покраснение кожи крыльев носа и над верхней губой.

Аллергический контактный дерматит – ответная реакция сенсibilизированного организма на непосредственное воздействие на кожу какого-либо вещества, чаще всего химического происхождения.

Нередко поражение кожи происходит при повторном использовании краски для волос, моющих средств и другой бытовой химии.

В месте контакта возникает отек, зуд, возможно образование волдырей, после вскрытия которых появляются мокнущие эрозии, покрывающиеся затем корочками.

Атопический дерматит – заболевание кожи, которое в основном развивается у детей с наследственной предрасположенностью к аллергии. Для атопического дерматита существует характерная локализация высыпаний: щеки, наружная поверхность голени, локтевые и подколенные складки, задняя поверхность шеи, заушная область. Кроме сыпи могут возникать ги-

перемия (покраснение), отечность, мокнутие, шелушение, утолщение кожи, появляются расчесы, т. к. сыпь сопровождается сильным зудом.

У детей нарушается сон, возможно присоединение вторичной инфекции в случае нарушения правил ухода за кожей при обострении дерматита.

Атопическая бронхиальная астма – заболевание, для которого характерно хроническое воспаление дыхательных путей, появление приступов одышки, кашля, свистящих хрипов и чувства заложенности в груди.

Аллергическая бронхиальная астма часто развивается в детстве и связана с другими заболеваниями (атопическим дерматитом, ринитом и пищевой аллергией).

Лекарственная аллергия – повышенная чувствительность к лекарственным средствам. Проявления лекарственной аллергии разнообразны: от аллергического ринита до анафилактического шока.

Люди, у которых имеется аллергия на лекарства, должны запомнить название вещества, провоцирующего аллергическую реакцию, особенности ответа организма на него (симптомы) и сообщать медицинским работникам о наличии аллергии.

Пищевая аллергия – аллергия, вызванная приемом определенного пищевого продукта. Для нее характерны диарея, наличие в фекалиях крови, рвота, вялость, а также кожные симптомы в виде крапивницы, атопического дерматита, орального аллергического синдрома (зуд, легкий отек полости рта).

Крапивница – кожная патология, которая проявляется развитием волдырей и ангиоотеками (отеками глубоких слоев кожи).

Ангионевротический отек представляет собой внезапный отек кожи и слизистых оболочек после контакта с аллергеном. Существует наследственная склонность к такому типу реакций. Аллергический отек может иметь любую локализацию. Например, при аллергии на косметику наблюдается припухлость в месте использования (отек век, губ). Кожа бледнеет или краснеет, отек сохраняется от нескольких часов до суток. Возможно покалывание или жжение в области отека. При отеке кишки появляется боль в животе, при отеке мочевыводящих путей – задержка мочи, отек гортани проявляется нарушением дыхания, вплоть до удушья.

Анафилактический шок – тяжелое жизнеугрожающее состояние, при котором после контакта с аллергеном резко снижается артериальное давление (систолическое ниже 90 мм рт. ст. или на 30% от исходного уровня), что приводит к недостаточности кровообращения и гипоксии жизненно важных органов. Характерные симптомы: шум в ушах, озноб, слабость, головокружение, тошнота, онемение, комок в горле, холодный пот, резкая бледность или появление крапивницы с выраженным зудом, нарушение дыхания, кашель, учащение или замедление сердцебиения, изменения сердечного ритма, судороги, потеря сознания.

ВИЧ (вирус иммунодефицита человека) – инфекционное хроническое заболевание, передающееся контактным путем, медленно прогрессирующее и характеризующееся поражением иммунной системы с развитием синдрома приобретенного иммунодефицита (СПИДа). СПИД – это финальная стадия ВИЧ-инфекции, когда из-за ослабленной иммунной системы человек становится беззащитным перед любыми инфекциями и некоторыми видами рака. Опасность представляют так называемые оппортунистические инфекции – заболевания, вызываемые условно-патогенной или непатогенной флорой: вирусами, бактериями, грибами, которые у здоровых людей не приводят к серьезным последствиям или протекают легко и излечиваются самостоятельно. При СПИДе они наслаиваются друг на друга, имеют затяжное течение, плохо поддаются терапии и могут стать причиной летального исхода.

Причины появления ВИЧ

Источником инфекции является человек, инфицированный ВИЧ, на любых стадиях заболевания. Вирус передается через кровь, сперму, секрет влагалища, грудное молоко.

Половой путь (незащищенный секс с инфицированным партнером) – доминирующий фактор распространения ВИЧ-инфекции.

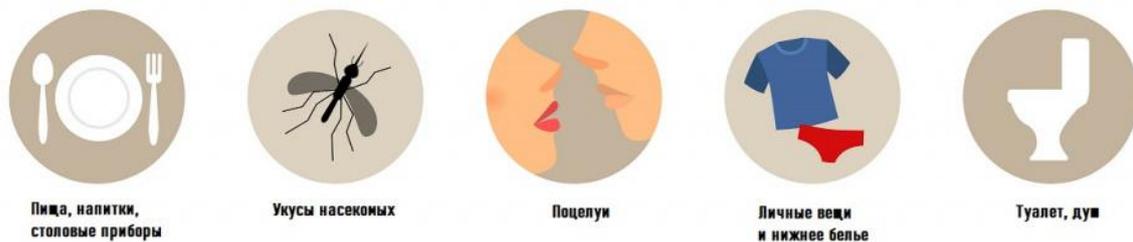
Передача ВИЧ от матери ребенку может произойти на любом сроке беременности (через плаценту), во время родов (при прохождении через родовые пути) и грудного вскармливания (при наличии язвочек, трещин на сосках матери и во рту ребенка).

Высокий риск инфицирования существует при внутривенном введении наркотических веществ нестерильными шприцами, при переливании ВИЧ-инфицированной крови и ее препаратов, использовании медицинского и немедицинского инструментария, загрязненного биологическими жидкостями человека, инфицированного ВИЧ. Кроме того, опасность могут представлять органы и ткани доноров, используемые для трансплантации.

Как передается ВИЧ



Как не передается ВИЧ



Попадая в кровоток, вирус проникает в Т-лимфоциты хелперы, или CD-4 клетки (рановидность лейкоцитов), которые помогают организму бороться с инфекциями. Т-хелперы имеют на поверхности так называемые CD4-рецепторы. ВИЧ связывается с этими рецепторами, проникает в клетку, размножается в ней и в конечном счете уничтожает ее. Со временем вирусная нагрузка увеличивается, а количество Т-хелперов снижается.

При отсутствии лечения через несколько лет из-за значительного снижения числа Т-хелперов появляются связанные со СПИДом состояния и симптомы.

Классификация заболевания

1. Стадия инкубации - от момента заражения до появления реакции организма в виде клинических проявлений острой инфекции и/или выработки антител (специфических белков, продуцируемых в ответ на проникновение антигена, в данном случае – вируса).

2. Стадия первичных проявлений клинических симптомов:

- а) бессимптомное течение (симптомов нет, вырабатываются антитела);
- б) острая ВИЧ-инфекция без вторичных заболеваний: наблюдается увеличение лимфоузлов, повышение температуры, фарингит, высыпания на коже и слизистых оболочках, реже - увеличение печени, селезенки, диарея;
- в) острая ВИЧ-инфекция с вторичными заболеваниями (ангиной, бактериальной пневмонией,

кандидозом, герпетической инфекцией и др.). Эти проявления, как правило, слабо выражены, кратковременны, поддаются терапии.

3. Субклиническая стадия - единственным клиническим проявлением заболевания является увеличение лимфатических узлов.

4. Стадия вторичных заболеваний:

а) потеря массы тела менее 10%, грибковые, вирусные, бактериальные поражения кожи и слизистых, повторные фарингиты, синуситы, опоясывающий лишай;

б) потеря массы тела более 10%, диарея или лихорадка более месяца, повторные стойкие вирусные, бактериальные, грибковые, протозойные (вызванные простейшими) поражения внутренних органов, локализованная саркома Капоши (множественные злокачественные новообразования на коже и слизистых), повторный или генерализованный (по всему телу) опоясывающий лишай;

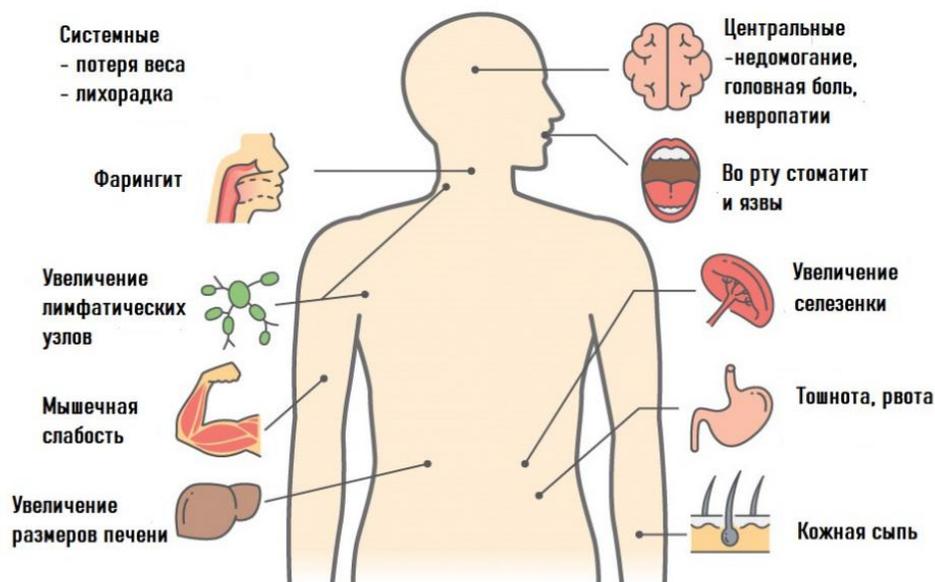
в) кахексия (истощение), генерализованные вирусные, бактериальные, грибковые, протозойные, паразитарные заболевания, пневмоцистная пневмония, туберкулез, злокачественные опухоли, поражения центральной нервной системы.

5. Терминальная стадия - имеющиеся вторичные заболевания приобретают необратимый характер, летальный исход наступает в течение нескольких месяцев после их развития.

Симптомы ВИЧ/СПИДа

После инкубационного периода продолжительностью от нескольких дней до нескольких недель у большинства зараженных возникает острое заболевание с гриппоподобными симптомами (повышение температуры тела, ломота, общая слабость, отсутствие аппетита, головная боль, боль в горле, увеличение лимфатических узлов, кожные высыпания). Возможны похудание, образование язвочек на слизистой полости рта. Эта фаза продолжается, как правило, 7-10 дней. Из-за неспецифичности проявлений диагноз «ВИЧ» устанавливается редко. Редко на этой стадии заболевания фиксируются оппортунистические инфекции, . отмечается кашель с мокротой, боль в грудной клетке (при развитии пневмонии), болезненные пузырьковые высыпания на коже (при опоясывающем герпесе). Как правило, самочувствие быстро нормализуется без специфического лечения ВИЧ.

Основные симптомы острой ВИЧ-инфекции



После этой стадии устанавливается временное равновесие между инфекционным процессом и сдерживающим его развитие противовирусным иммунитетом.

В течение длительного времени (8-10 лет и более) инфекция протекает бессимптомно или с персистирующей генерализованной лимфаденопатией - сохраняющимся не менее 3 месяцев увеличением минимум двух групп лимфоузлов.

В дальнейшем продолжается активное размножение вируса и разрушение Т-лимфоцитов, развивается стадия вторичных изменений, для которой характерно прогрессирующее снижение веса, общая слабость, стойкое повышение температуры, озноб, выраженная потливость. Клинические проявления оппортунистических заболеваний обуславливают клиническую картину этой стадии: пациентов беспокоят кашель и одышка, тошнота, рвота, боли в животе, тяжелая диарея, кожные высыпания, сильные головные боли, снижение памяти и внимания и др.

Диагностика ВИЧ

Лабораторные методы исследования:

1. Скрининг на ВИЧ.
2. Обследование, подтверждающее факт инфицирования ВИЧ (при положительных или сомнительных результатах скрининга).
3. Измерение и контроль количества вируса в крови человека - определение вирусной нагрузки у лиц с установленным диагнозом «ВИЧ».
4. Определение иммунного статуса у пациентов с ВИЧ-инфекцией.

Скрининг (обследование здоровых людей) на ВИЧ должен быть проведен любому человеку, который считает, что может быть заражен, а также перед любой госпитализацией и операцией, всем беременным женщинам и их половым партнерам.

Обследование целесообразно проходить людям с высоким риском заражения ВИЧ, например, при наличии заболеваний, имеющих одинаковый с ВИЧ-инфекцией механизм передачи (вирусные гепатиты В и С, заболевания, передающиеся половым путем), лицам, имеющим регулярные незащищенные половые контакты, инъекционным наркоманам, детям, рожденным от матерей с ВИЧ-инфекцией, медицинским работникам, напрямую контактирующим с кровью на работе и др.

Существуют экспресс-тесты для скрининга ВИЧ, которые можно делать в домашних условиях. Для определения специфических антител/антигенов к ВИЧ (ВИЧ-1, 2, антиген р24) используют кровь, слюну или мочу. Точность любого экспресс-теста ниже, чем теста, проводимого в лаборатории.

Для стандартного скринингового обследования определяют антитела к ВИЧ 1 и 2 и антиген ВИЧ 1 и 2 (HIV Ag/Ab Combo) в крови с помощью иммуноферментного анализа (ИФА).

Тема 6. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия на организм человека метеорологических условий

1. Механизмы теплообмена человека с окружающей средой.
2. Гигиеническое значение климата.
3. Гигиеническое значение погоды.
4. Гигиеническое значение производственного микроклимата.
5. Меры профилактики неблагоприятного микроклимата.

Методические рекомендации

Студентам необходимо усвоить, что нормальная жизнедеятельность возможна при условии сохранения температурного гомеостаза, который достигается деятельностью различных систем и органов (сердечно-сосудистой, дыхательной, теплового центра, терморцепторов

кожных сосудов, скелетных мышц). Тепловое состояние человека (тепловой баланс) оценивается по субъективным и объективным показателям.

В поддержании теплового гомеостаза большую роль играют процессы теплообразования (химическая терморегуляция) и теплоотдача (физическая терморегуляция).

Тепловое самочувствие или тепловой баланс, в системе «человек-среда обитания» зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки.

Необходимо уяснить, что метеорологические условия, в основном, определяются климатом и погодой. 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 и промышленному строительству, обеспечению рационального питания, одежды, обуви, режима труда и отдыха. В зависимости от основных климатологических показателей и с учетом географического положения местности на земном шаре различают семь основных климатических поясов.

Погода характеризуется тем же комплексом показателей, что и климат и влияет на физиологическое состояние людей. Различные сочетания компонентов метеорологических условий могут иметь негативные последствия в самочувствии и возникновении заболеваний у человека. Поэтому в настоящее время разрабатываются критерии медицинского прогнозирования погоды, выражающиеся в предсказании действия на человека ожидаемой погоды, в целях предупреждения возможных отрицательных реакций организма.

Параметры микроклимата на производстве оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Работа в условиях нагревающего или охлаждающего микроклимата предъявляет повышенные требования к механизмам терморегуляции организма, может привести к производственным травмам, профессионально обусловленным и профессиональным заболеваниям.

В связи с этим основную роль, как в плане профилактики заболеваемости, так и в повышении производительности труда имеют гигиенические рекомендации, направленные на предупреждение перегревания или переохлаждения работающих, на обеспечение условий для восстановления их теплового состояния до оптимальных значений.

Профилактические мероприятия должны быть направлены на регламентацию работ, совершенствование технологических процессов, совершенствование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, размещении рабочих мест, санитарно-бытового обеспечения, применения эффективных способов обогрева, применение средств индивидуальной защиты.

Необходимое условие сохранения длительного теплового комфорта – поддержание теплового баланса, который достигается путём терморегуляции организма (физиологической) и применения одежды (поведенческой терморегуляции), отвечающей своему назначению.

Организм человека представляет саморегулируемую систему, физиологический механизм, который с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образования тепла (теплорегуляции) количеству тепла, отданного во внешнюю среду (теплоотдаче). Если в какой либо период эта система разбалансирована, в организме происходит накопление или его убыль.

Совокупность физиологических процессов, обусловленных деятельностью центральной нервной системы человека и направленных на сохранение температуры тела на постоянном уровне, называется терморегуляцией.

Постоянство температуры тела у человека может сохраняться лишь при условии равенства теплообразования и теплопотери всего организма. Это достигается с помощью физиологических механизмов терморегуляции. Терморегуляция проявляется в форме взаимосочетания процессов теплообразования и теплоотдачи, регулируемых нервно-эндокринным путём.

Терморегуляцию принято разделять на химическую и физическую.

Химическая терморегуляция

При охлаждении организма механизм терморегуляции вызывает уменьшение теплоотдачи и увеличение тепла в организме.

Терморегуляция, обеспечивающая увеличение теплообразования в организме в ответ на его охлаждение, называется *химической*.

Химическая терморегуляция осуществляется путём усиления или ослабления обмена веществ. Однако она связана с мышечной деятельностью.

У человека усиление теплообразования вследствие увеличения интенсивности обмена веществ отмечается, в частности, тогда, когда температура окружающей среды становится ниже оптимальной температуры или зоны комфорта. При обычной лёгкой одежде эта зона находится в пределах 18÷20, а для обнажённого человека – 28.

Оптимальная температура во время пребывания в воде выше, чем на воздухе. Это обусловлено тем, что вода, обладающая высокой теплоёмкостью и теплопроводностью, охлаждает тело в 14 раз сильнее, чем воздух. Поэтому в прохладной ванне обмен веществ повышается значительно больше, чем во время пребывания на воздухе при той же температуре.

Наиболее интенсивное теплообразование в организме происходит в мышцах. Даже если человек лежит неподвижно, но с напряжённой мускулатурой, окислительные процессы, а вместе с тем и теплообразование повышается на 10%. Наибольшая двигательная активность ведёт к увеличению теплообразования на 50÷80%, а тяжёлая мышечная работа – на 400÷500%.

В условиях холода теплообразование в мышцах увеличивается, даже если человек находится в неподвижном состоянии. Это обусловлено тем, что охлаждение поверхности тела, действуя на рецепторы, воспринимающие холодное раздражение, рефлекторно возбуждает беспорядочные произвольные сокращения мышц, проявляющиеся в виде дрожи (озноба). При этом обменные процессы организма значительно усиливаются, увеличивается потребление кислорода и углеводов мышечной тканью, что и влечёт за собой повышение теплообразования. Даже произвольная имитация дрожи увеличивает теплообразование на 200%. Если в организм введены монорелаксанты – вещества, нарушающие передачу нервных импульсов с нерва на мышцу и тем самым устраняющие рефлекторную мышечную дрожь, при понижении температуры окружающей среды гораздо быстрее наступает понижение температуры тела.

В химической терморегуляции, кроме мышц, значительную роль играют печень и почки. Температура крови печёночной вены выше температуры крови печёночной артерии, что указывает на интенсивное теплообразование в этом органе. При охлаждении тела теплопродукция в печени возрастает /23/.

Освобождение энергии в организме совершается за счёт окислительного распада белков, жиров и углеводов. Поэтому все механизмы, которые регулируют окислительные процессы, регулируют и теплообразование.

Физическая терморегуляция

Терморегуляция, направленная на уменьшение или увеличение теплоотдачи в окружающую среду, называется *физической*.

Физическая терморегуляция осуществляется путём изменений отдачи тепла организмом за счёт расширения, сужения кровеносных сосудов в коже.

Температура кожи, а, следовательно, интенсивность теплоизлучения и теплопроводения могут изменяться в результате перераспределения крови в сосудах и при изменении объёма циркулирующей крови.

На холоде кровеносные сосуды кожи, главным образом артериолы, сужаются: большое количество крови поступает в сосуды брюшной полости, и тем самым ограничивается теплоотдача. Поверхностные слои кожи, получая меньше тёплой крови, излучают меньше тепла – теплоотдача уменьшается. При сильном охлаждении кожи, кроме того, происходит открытие артериовенозных анастомозов, что уменьшает количество крови, поступающей в капилляры, и тем самым препятствует теплоотдаче /23/.

Перераспределение крови, происходящее на холоде, уменьшение количества крови, циркулирующей через поверхностные сосуды, и увеличение количества крови, проходящей через сосуды внутренних органов, способствует сохранению тепла во внутренних органах. Эти факты служат основанием для утверждения, что регулируемым параметром является именно температура внутренних органов, которая поддерживается на постоянном уровне.

При повышении температуры окружающей среды сосуды кожи расширяются, количество циркулирующей в них крови увеличивается. Возрастает также объём циркулирующей крови во всём организме вследствие перехода воды из тканей в сосуды, а также потому, что селезёнка и другие кровяные депо выбрасывают в общий кровоток дополнительное количество крови.

К проявлениям физической терморегуляции следует отнести также изменение положения тела. Когда кошке или собаке холодно, они сворачиваются в клубок, уменьшая тем самым поверхность теплоотдачи; когда жарко, животные, наоборот, принимают положение, при котором поверхность теплоотдачи максимально возрастает. Этому способа физической терморегуляции не лишен и человек, сворачивающийся в клубок во время сна в холодном помещении.

Рудиментарное значение для человека имеет проявление физической терморегуляции в форме реакции кожных мышц (гусиная кожа), у животных при этой реакции изменяется поверхность шерстного покрова и улучшается теплоизолирующая роль шерсти.

В наибольшей степени физическая терморегуляция проявляется в области кистей и стоп (теплоотдача может снизиться на 40), в наименьшей – в области головы (теплоотдача уменьшается на 7). Это необходимо учитывать при создании и оценке средств защиты (одежды, обуви, рукавиц и головных уборов) от охлаждения.

Таким образом, постоянство температуры тела поддерживается путём совместного действия, с одной стороны – механизмов, регулирующих интенсивность обмена веществ и зависящее от него теплообразование (химическая регуляция тепла), а с другой – механизмов, регулирующих теплоотдачу (физическая регуляция тепла).

Климат – это среднее состояние метеорологических условий (температуры, влажности, давления, количества осадков, солнечной радиации, направления и силы ветра), установленное на основании многолетних наблюдений и характерное для данной местности. Учёт влияния климата на здоровье населения играет важную роль. В медицинской практике применяется деление климата на «щадящий» и «раздражающий». «Щадящим» принято считать тёплый климат с относительно небольшими колебаниями метеорологических элементов. Он предъявляет минимальные требования к адаптационным физиологическим механизмам (лесной климат средней полосы, Южного берега Крыма). «Раздражающий» климат характеризуется выраженной суточной и сезонной амплитудой метеорологических элементов, он предъявляет к приспособительным механизмам повышенные требования (холодный климат севера, высокогорный, жаркий климат Средней Азии). Каждый из них по-своему может отражаться на здоровье людей. Так, например, холодный климат севера приводит к напряжению терморегуляторных функций, сужению капилляров, к отрицательным психологическим реакциям из-за угнетающего действия темноты, однообразного ландшафта, к пониженной трудоспособности и обострению др. заболеваний. Это обязательно нужно учитывать при переезде в районы с «раздражающим» климатом. Большое значение здесь имеет *акклиматизация* – это физиологическое приспособление организма к новым климатическим условиям.

Погода – это среднее состояние атмосферных условий в течение короткого промежутка времени (месяц, неделя, день). Здоровые люди с хорошо развитым адаптационно-приспособительным механизмом, как правило «метеостойчивы» даже к резким изменениям погоды. Наряду с этим часть людей, в особенности больных, пожилых очень чувствительны к изменению погоды. У таких людей чаще всего наблюдаются следующие симптомы: ухудшение общего самочувствия, нарушение сна, чувство тревоги, головная боль, головокружение, быстрая утомляемость, резкое изменение артериального давления и т.д. Неблагоприятная погода отрицательно сказывается на течении ряда заболеваний органов дыхания, эндокринной и пищеварительной систем, нервно-психических, сердечно-сосудистых и т.д.

Повышения устойчивости организма к изменению погоды можно достичь путём закаливания, рационализацией питания и витаминизацией, рациональной организацией труда, быта и отдыха.

Влияние микроклимата на организм человека:

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на работника. Отклонение отдельных параметров микроклимата от рекомендованных значений, сни-

жают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и могут привести к профзаболеваниям.

Температура воздуха. Низкая температура вызывает охлаждение организма и может способствовать возникновению простудных заболеваний. При высокой температуре — перегрев организма, повышенное потоотделение и снижение работоспособности. Работник теряет внимание, что может привести к несчастному случаю.

Повышенная влажность воздуха затрудняет испарение влаги с поверхности кожи и легких, что ведет к нарушению терморегуляции организма, ухудшению состояния человека, снижению работоспособности. При пониженной влажности (< 20%) – сухость слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Скорость движения воздуха. Человек начинает ощущать движение воздуха при $v \gg 0,15$ м/сек. Движение воздушного потока зависит от его температуры. При $t < 36^\circ\text{C}$ поток оказывает на человека освежающее действие, при $t > 40^\circ\text{C}$ неблагоприятное.

Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата

Мероприятия, направленные на улучшение условий микроклимата, регламентируются «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию». Борьба с неблагоприятными влияниями производственного микроклимата осуществляется с использованием мероприятий технологического, санитарно-технологического, организационного и медико-профилактического характера.

Технологическим мероприятиям принадлежит ведущая роль в профилактике вредного влияния высоких температур инфракрасного излучения. Замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования способствуют оздоровлению неблагоприятных условий труда. Автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление обеспечивают возможность пребывания рабочих вдали от источника радиационного и конвекционного тепла.

К группе **санитарно-технических мероприятий** относится локализация тепловыделений, теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование источников или рабочих мест, общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха.

Уменьшению поступления теплоты в цех способствуют мероприятия, обеспечивающие герметичность оборудования. Плотно подогнанные дверцы, заслонки, блокировка закрытия технологических отверстий с работой оборудования — все это значительно снижает выделение теплоты от открытых источников.

Теплоизоляция поверхностей источников излучения (печей, сосудов и трубопроводов с горячими газами и жидкостями) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает тепловыделение. Так, например, теплоизоляция стенок термических печей, снижающая температуру их поверхности с 130 до 80°C , уменьшает тепловыделения в 5 раз.

Теплоотражательные экраны используются для локализации тепловыделений от поверхности печей, покрытия наружных поверхностей кабин постов управления, кранов. Для теплопоглощительных экранов используют различные виды стекла: силикатное, кварцевое, органическое. Эти прозрачные экраны применяют для защиты от тепловых излучений машинистов кранов горячих цехов, операторов постов управления. У открытых источников излучения (окна печей, смотровые окна постов управления в горячих цехах) целесообразно применять водяные экраны, так как зеркальная водяная завеса снижает интенсивность излучения в 5—10 раз.

Организационные и медико-профилактические мероприятия:

Важным фактором, способствующим повышению работоспособности рабочих горячих цехов, является рациональный режим труда и отдыха. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем редкие, но продолжительные.

При физических работах средней тяжести и температуре наружного воздуха до 25°C внутрисменный режим предусматривает 10-минутные перерывы после 60-50 мин работы; при температуре наружного воздуха от 25 до 33°C рекомендуются 15-минутные перерывы после 45 мин работы и разрыв рабочей смены на 4-5 ч на период наиболее жаркого времени. В условиях жаркого климата предлагается начинать рабочий день раньше, а в самые жаркие часы (с

12 до 18ч) устраивать перерывы. При кратковременных работах в условиях высоких температур (тушение подземных пожаров, ремонт металлургических печей), где температура 80-100 °С, большое значение имеет тепловая тренировка.

Устойчивость к высоким температурам может быть в некоторой степени повышена с использованием фармакологических средств (прием дибазола, аскорбиновой кислоты, смесь этих веществ и глюкозы), вдыхания кислорода, аэроионизации. Существенное значение для профилактики перегревания имеет питьевой режим, о чем говорилось выше.

Немалую роль в профилактике перегревания играют индивидуальные средства защиты. Спецодежда должна быть воздухо- и влагопроницаемой (хлопчатобумажная, льняная, грубошерстное сукно), иметь удобный покрой. Для защиты от инфракрасного излучения используют отражающие ткани, на поверхности которых распылен тонкий слой металлов. Для работы в экстремальных условиях (ликвидация пожаров и др.) применяются специальные костюмы, обладающие повышенной теплосветоотдачей. Для защиты головы от излучения применяют дюралевые, фибровые каски, войлочные шляпы; для защиты глаз — очки (темные или с прозрачным слоем металла), маски с откидным экраном. При работах на открытом воздухе на постоянных рабочих местах предусматриваются тенты, навесы. Кабины машин окрашивают в светлые тона, оборудуются кондиционерами, теплоизолируются.

Противопоказания к приему на работу в условиях воздействия высокой температуры и инфракрасного излучения являются органические заболевания сердечнососудистой системы, почек, желудка, кожи, нарушения овариально-менструальной функции.

Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода должны предусматривать задержку тепла. Для предупреждения выхолаживания производственных помещений санитарными нормативами регламентируется устройство ворот, проемов — воздушных завес, шлюзов, используется двойное застекление окон, теплоизоляция полов, стен. В крупных цехах на рабочих местах микроклимат поддерживается местным отоплением — воздушным или радиационным (местное лучистое).

При нефиксированных рабочих местах (работа в холодильниках) и работе на открытом воздухе в холодных климатических зонах организуются специальные помещения для обогрева с температурой 21-23° С.

В борьбе с охлаждением очень важен рациональный режим труда и отдыха. При неблагоприятных метеорологических условиях — температура воздуха -10 °С и ниже — обязательны перерывы на обогрев продолжительностью 10-15 мин каждый час. При температуре наружного воздуха от -30 до -45 °С 15-минутные перерывы на отдых организуются через 60 мин от начала рабочей смены и после обеда, а затем через каждые 45 мин работы. В помещениях для обогрева необходимо предусматривать возможность питья горячего чая. После работы в холодильных камерах целесообразно принимать водяной душ 38-40 °С.

Индивидуальные средства защиты имеют большое значение в профилактике охлаждения организма. Материалы для одежды должны обладать хорошим теплозащитным свойством (мех, шерсть, овчина, вата, синтетический мех). При работе в условиях экстремальных температур рекомендуется применение многослойной и обогреваемой электротоком одежды.

С целью профилактики охлаждения и повышения устойчивости к воздействию холода рекомендуется закаливание организма путем проведения гидропроцедур, воздушных и солнечных ванн, повышать резистентность организма с помощью УФ-облучений, физических упражнений.

Медицинскими противопоказаниями к работе в условиях холода являются заболевания эндокринных желез, болезней обмена, органов кроветворения, хронические заболевания дыхательных путей, почек, периферических сосудов, суставов и др.

Тема 7. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия на организм человека виброакустических факторов

1. Вибрация
2. Шум
3. Инфразвук
4. Ультразвук

Методические рекомендации

Студентам необходимо уяснить, что колебательные движения широко распространены в природе и технике. Вибрация является физическим фактором, действие которого определяется передачей человеку механической энергии от источника колебаний. Это сложный колебательный процесс, обладающий широким диапазоном частот. Основными физическими параметрами, характеризующими вибрацию, являются скорость, ускорение, смещение. Вибрации, встречающиеся в производственных условиях, различаются по способу передачи и направлению воздействия на человека, по частотному составу, по временным характеристикам.

Необходимо усвоить, что тело человека представляет собой сложную колебательную систему, первичная механическая реакция которой на вибрационное воздействие зависит от диапазона частот и предопределяет последующие физиологические эффекты. Установлено, что резонанс для вертикального направления в положении сидя приходится на диапазон частот 4–6 Гц и 8–12 Гц, а для горизонтального направления – на диапазон частот 1–2 Гц.

Местные вибрации малой интенсивности могут оказать благоприятное влияние: восстановить обмен веществ, и питание тканей организма, улучшить функциональное состояние ЦНС, ускорить заживление ран. Воздействие интенсивных общих вибраций оказывает травмирующее действие на сенсомоторную, вегетативную и сосудистую системы и может привести к развитию вибрационной болезни. Среди профессиональных заболеваний вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест и усугубляется действием таких факторов как неблагоприятный микроклимат, действие шума, вынужденная рабочая поза, нервно-эмоциональное напряжение.

Протекает вибрационная болезнь с поражением нервной, сердечно-сосудистой систем, опорно-двигательного аппарата, рефлексорными нарушениями функций внутренних органов. Ведущим расстройством вибрационной патологии являются нейро-сосудистые расстройства рук. Особо опасны колебания в режиме резонанса, когда резко возрастает их амплитуда.

Мероприятия по предотвращению негативного воздействия вибрации на организм работающих включают технические меры (виброгашение, виброизоляция, вибродемпфирование), введение оптимальных режимов труда, применение индивидуальных средств защиты, лечебно-профилактические мероприятия. Гигиеническая оценка вибрации проводится на стадии экспертизы нормативно-технической документации на новые технологические процессы, оборудование, модернизированные ручные машины. Ведущую роль в профилактике неблагоприятных влияний вибраций на человека играет гигиеническое нормирование (СанПиН 2.2.2. 540–96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»).

По физической сущности шум – это волнообразное движение частиц упругой среды (газовой, жидкой, твердой) и поэтому характеризуется амплитудой колебаний, частотой, скоростью распространения и длиной волны. С физиологической точки зрения – это неблагоприятно воспринимаемый звук. В виде нежелательных факторов звук является постоянным побочным эффектом работы механизмов и деятельности человека, воздействующий на рецепторы органа слуха. Характер негативного воздействия на органы слуха зависит от звукового давления и громкости.

В настоящее время практически нет ни одной отрасли народного хозяйства или среды обитания человека, где шум не был бы в числе ведущих вредных факторов. Различают шум по частотной характеристике, характеру спектра, временным характеристикам. Основными источниками шума на железнодорожном транспорте являются движущиеся поезда, путевые машины и производственное оборудование предприятий (локомотив, сортировочные станции, локомотивные вагонные депо, вагонно-ремонтные заводы и т. д.).

В биологическом отношении шум является стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций и привести к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции центральной нервной системы до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в различных органах и тканях. Длительное воздействие интенсивного шума – более 80–85 Дб вызывает перераздражение звукового анализатора, приводит к его утомлению и развитию тугоухости, в основе которой лежат дегенеративные, атрофические изменения. Критический стаж – 5 лет. Помимо действия шума на органы слуха, установлено его вредное влияние на зрительный анализатор, в результате которого наступает утомление зрительного аппарата, снижается острота зрения, чувствительность к световым спектрам, ухудшаются ответные реакции на цветовые сигналы, точность оценки расстояния. Это приводит к росту уровня производственного травматизма. Кроме того, воздействие шума способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний, атеросклерозу, патологии желудочно-кишечного тракта.

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть архитектурно-планировочными, технологическими, организационными, медико-профилактическими. Основой всех правовых, организационных и технических мер по снижению производственного шума является гигиеническое нормирование его параметров с учетом влияния на организм. СП 51.13330.2011 «Защита от шума», СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»; СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Биологическое действие инфразвука проявляется в астенизации организма, нарушении работы центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярного аппарата, что связано с совпадением частоты его колебаний с частотой колебаний внутренних органов. Выраженность проявлений зависит от уровня интенсивности инфразвука и длительности действия фактора. Установлен аддитивный эффект низкочастотного шума и инфразвука. У рабочих отмечается нарушение равновесия, головокружение, затруднение речи, увеличивается частота дыхания, снижение слуховой чувствительности, возникает тошнота, страх, снижается работоспособность.

Учитывая большую длину волны инфразвуковых волн, наиболее эффективным и практически единственным средством борьбы с инфразвуком является его снижение в источнике. Гигиеническая регламентация инфразвука проводится по санитарным нормам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Ультразвук имеют единую природу со звуком и одинаковые физико-гигиенические характеристики. Находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Биологическое действие ультразвука обусловлено его механическим, тепловым и физико-химическим действием и зависит от интенсивности, длительности воздействия и размеров поверхности тела, подвергаемое действию ультразвука. Длительное систематическое влияние ультразвука, распространяющегося в воздухе, вызывает функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. Контактное воздействие высокочастотного ультразвука на руки приводит к профессиональному заболеванию.

Основу профилактики составляет гигиеническое нормирование. Существенное значение для улучшения условий труда имеет предупредительный санитарный надзор в целях разработки безопасной ультразвуковой техники, организационные и медико-профилактические мероприятия.

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 (рис. 5.1, 5.2), а также по физическим свойствам (табл. 5.6).

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 го-

106

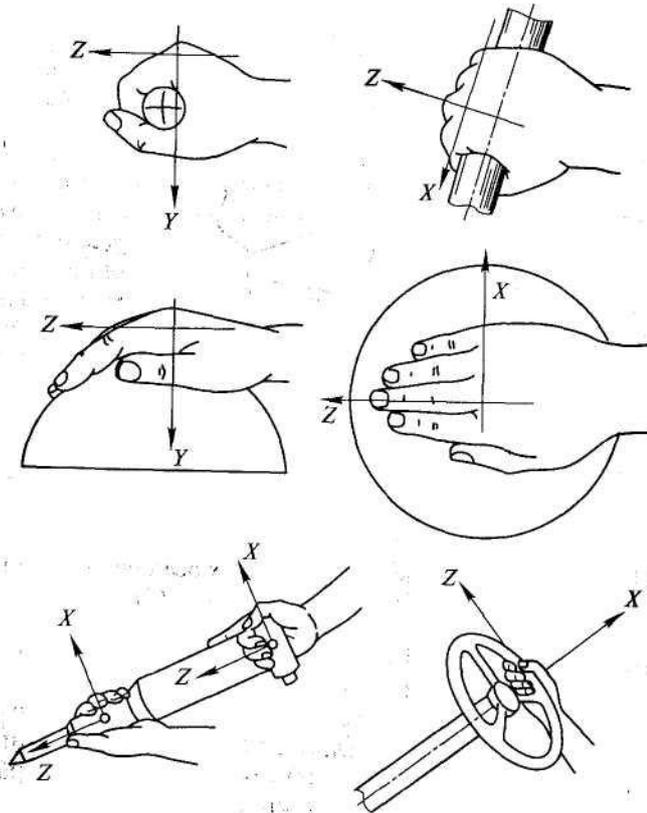


Рис. 5.1. Варианты направления условных координатных осей при локальной вибрации

ризонанс 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

©го массой влияют такие факторы как размер, поза и степень напряжения скелетной мускулатуры.

Пороги восприятия вибрации. Согласно современным представлениям вибрация воспринимается многочисленными механорецеп-торами, заложенными в коже, мышцах человека.

Пороги вибрационной чувствительности повышаются при охлаждении, ишемии и динамической нагрузке; повышается порог чувствительности и с возрастом. 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

107

Таблица 5.6

Классификация вибрации

Локальная (передающаяся на руки)	Общая (рабочих мест)
<i>По источнику возникновения</i>	
Ручные машины с двигателями (приводом), органы ручного управления машинами, транспортными средствами или оборудованием	Транспортная (тракторы, сельскохозяйственные машины, автомобили и др.)
Ручные инструменты без двигателей (приводов) и обрабатываемые детали	Транспортно-технологическая (краны промышленные и строительные, горные комбайны, напольный производственный транспорт) Технологическая (стационарное оборудование металло- и деревообрабатывающей, а также других отраслей промышленности, вентиляторы, насосные агрегаты): а) на постоянных рабочих местах производственных помещений; б) на рабочих местах производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию; в) на рабочих местах в помещениях для работников умственного труда
<i>По направлению действий вдоль осей (см. рис. 5.1, 5.2)</i>	
Z — ось, близкая к направлению приложения силы, или ось предплечья	Z — вертикальная ось
X — ось, параллельная оси охватываемых рукояток	X — горизонтальная ось (спина — грудь)
Y — перпендикулярно осям Z и X	Y — горизонтальная ось (плечо — плечо)
<i>По частотному составу (максимальный уровень в октавных полосах частот, Гц)</i>	
8 и 16 (низкочастотные)	1 и 4
31,5 и 63 (среднечастотные)	8 и 16
125, 250, 500 и более (высокочастотные)	31,5 и 63
<i>По временным характеристикам</i>	
Постоянные (виброскорость изменяется до 6 дБ за время наблюдения). Непостоянные (виброскорость изменяется > 6 дБ за время наблюдения): а) колеблющаяся вибрация — уровень виброскорости непрерывно изменяется во времени; б) прерывистая — контакт оператора с вибрацией прерывается во время работы (длительность интервалов, когда имеет место контакт с вибрацией более 1 с); в) импульсная — состоит из одного или нескольких воздействий, каждое длительностью < 1 с	

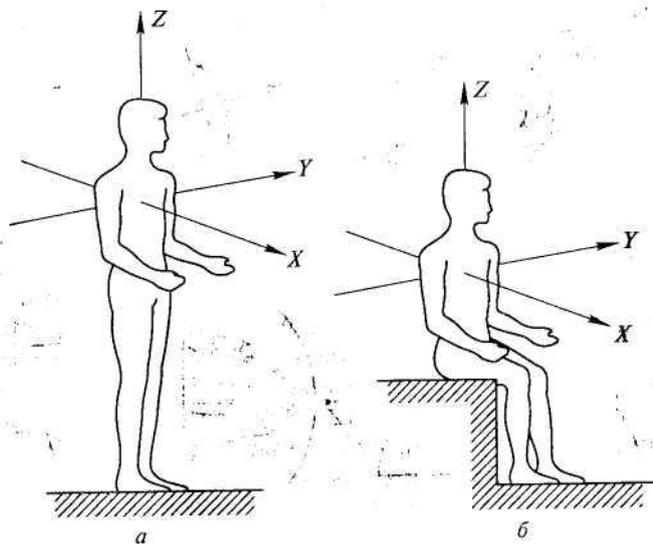


Рис. 5.2. Направление условных координатных осей при общей вибрации в положении стоя (а) и сидя (б)

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) и 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,

рассеве 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 мес 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).

В соответствии с СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ» запрещается применение ручных инструментов, генерирующих уровни вибрации, более чем на 12 дБ превышающих ПДУ. Этим же документом

Превышение ПДУ локальной вибрации, дБ, согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96:	Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, мин:
1	381
2	302
3	240
4	191
5	151
6	120
7	95
8	76
9	60
10	48
11	38
12	30

предусмотрена защита временем работников в условиях превышения ПДУ с обязательным применением СИЗ (см. ниже).

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. Уличный шум стал, к сожалению, обыденным явлением в городах, не говоря уже о среде искусства (рис. 5.3).

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, са-



Рис. 5.3. Относительное число поднадзорных объектов в населенных пунктах, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям по уровню шума

молеты), музыкальные инструменты и пр. (рис. 5.4). Интенсивный шум в результате развития утомления у работников приводит к снижению производительности труда от 2,5 до 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. Высоко-частотное 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).

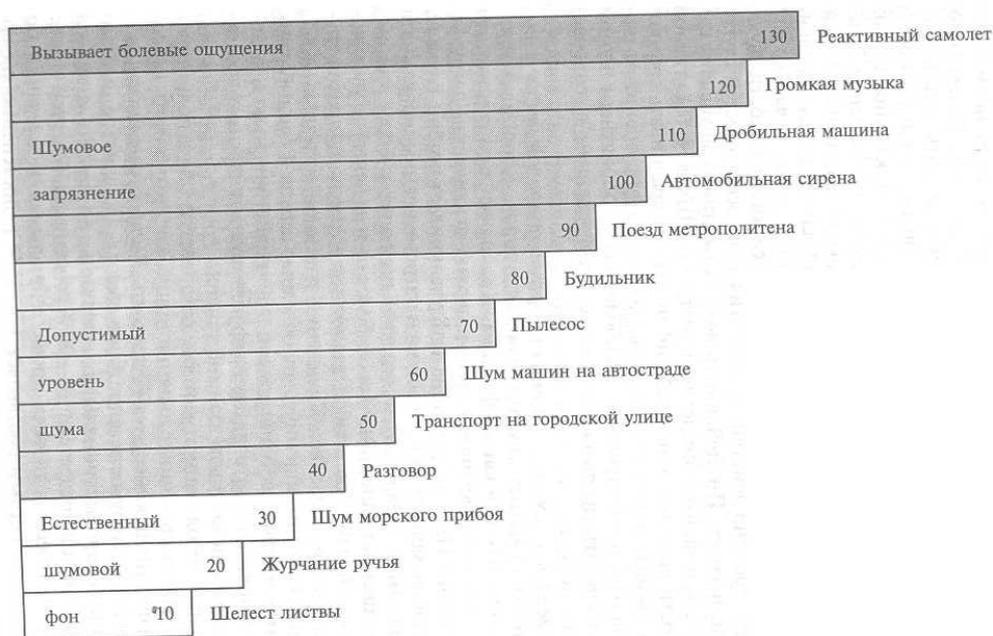


Рис. 5.4. Интенсивность звука, дБ, от различных источников

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 (рис. 5.5). 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 сенсо-невральную (нейросенсорную) тугоухость. Распространенность сенсо-невральной тугоухости достаточно высока. По данным ВОЗ это заболевание профессионального характера по частоте стоит на первом месте и встречается у 10—20 % работников. В нашей стране ее удельный вес среди всех профессиональных заболеваний по официальным данным составляет 12—15% и постепенно увеличивается. Фактически численность работников с профессиональной сенсо-невральной 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) — долго временное следствие воздействия шума, когда потеря слуха не восстанавливается ;
- акустическая травма, возникающая в результате однократного, как правило, кратковременного воздействия чрезвычайно интенсивного шума, как, например, звука выстрела или взрыва.

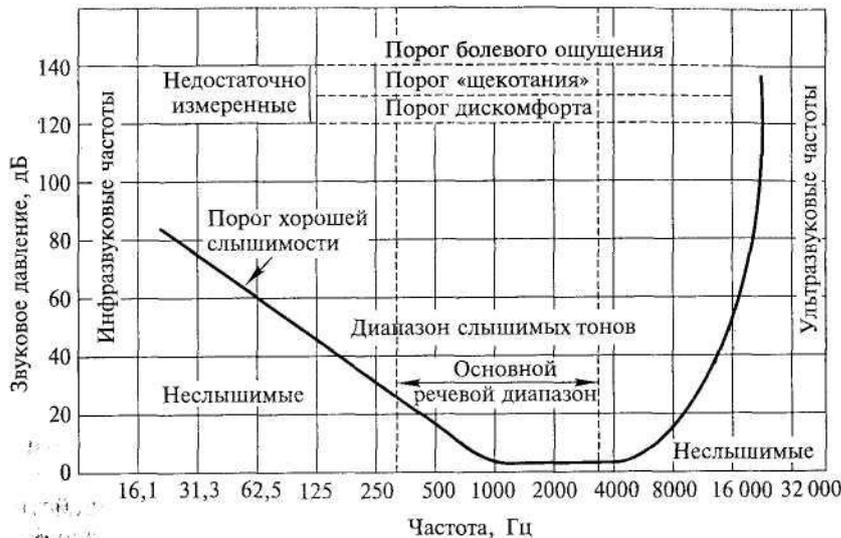


Рис. 5.5. Слуховой диапазон человека

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.

Таблица 5.7

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

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. 5.7).

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. При разработке новых технологических процессов, при проектировании, изготовлении, эксплуатации оборудования используются такие документы как ГОСТ 12.1.003—83 «ССБТ. Шум, общие требования безопасности» и санитарные нормы СП 2.24.2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Регламентированные дополнительные перерывы следует рекомендовать с учетом уровня шума, его спектра и наличия индивидуальных средств защиты (табл. 5.8). Отдыхать во время этих перерывов необходимо в специально оборудованных помещениях; в комнатах для прие-

ма 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:

119

Таблица 5.8

Рекомендуемая при воздействии шума длительность регламентированных до- и послеобеденных перерывов, мин

Уровень звука, дБА	Частотная характеристика шума	Работа без противошумов		Работа с противошумами	
		до перерыва	после перерыва	до перерыва	после перерыва
До 95	Низкочастотный	10	10	5	5
	Среднечастотный	10	10	10	10
	Высокочастотный	15	15	10	10
До 105	Низкочастотный	15	15	10	10
	Среднечастотный	15	15	10	10
	Высокочастотный	20	20	10	10
До 115	Низкочастотный	20	20	10	10
	Среднечастотный	20	20	10	10
	Высокочастотный	25	25	15	15
До 125	Низкочастотный	25	25	15	15
	Среднечастотный	25	25	15	15
	Высокочастотный	30	30	20	20

турбулентности, резонанса, пульсации и возвратно-поступательного движения. Вследствие этого инфразвук, как правило, сопровождается слышимым шумом, причем максимум колебательной энергии в 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, инфра-

звук 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 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» СН 2.2.4/2.18.583-96 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 транс-портно-технологических машин; в) строительные признаки: большие площади перекрытий или ограждений источников шума (смежное расположение административных помещений с производственными); наличие замкнутых звукоизолированных объемов (кабин наблюдения 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 ПО 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 магнетострикционного 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. Он оказывает болеутоляющее, спазмолитическое, противовоспалительное и бактерицидное действие, улучшает крово- и лимфообращение, стимулирует деятельность нервной и эндокринной систем, усиливает защитные реакции организма, снижает артериальное давление, способствует сращиванию переломов, разрушает опухолевые клетки.

Влияние на организм человека. Биологическое действие ультразвука обусловлено его механическим, тепловым и физико-химическим действием. Звуковое давление в ультразвуковой волне может меняться в пределах + 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 — 6 °С. Эффект действия ультразвука зависит от его интенсивности. Ультразвук малой (до $1,5 \text{ Вт/см}^2$) и средней ($1,5 — 3 \text{ Вт/см}^2$) интенсивности вызывает в тканях положительные биологические эффекты, стимулирует протекание физиологических процессов.

Ультразвук большой интенсивности ($3 — 10 \text{ Вт/см}^2$) 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. Гигиенические регламенты ультразвука отражены в СанПиН 2.2.4/2.1.8582-96 «Гигиенические требования при работе с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения» и ГОСТе 12.1.001 — 89 «Ультразвук. Общие требования безопасности».

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 по интенсивности, в этом случае допустимый уровень составляет $0,1 \text{ Вт/см}^2$. Приведем допустимые уровни звукового давления на рабочих местах, которые должны находиться в пределах 80 — 110 дБ:

Среднегеометрическая частота третьоктавных полос, кГц:	Уровень звукового давления, дБ:
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	115
31,5—100	110

Существенное значение для улучшений условий труда имеет предупредительный санитарный надзор в целях разработки безопасной ультразвуковой техники. Завод, изготовитель в эксплуатационной документации производственного оборудования должен 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 запрещении 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 вне контакта с ультразвуком.

При лечении значительный положительный эффект дает комплекс физиотерапевтических процедур (массаж, УФ-излучение, водные процедуры, витаминизация).

5.1.3. Неионизирующие излучения

Первые сведения об электричестве и магнетизме появились много веков тому 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.

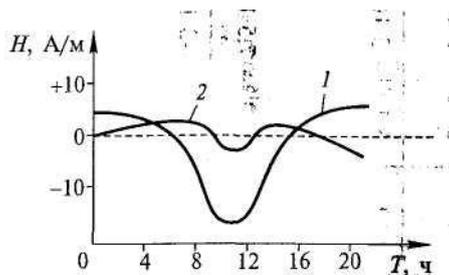
Электромагнитное поле характеризуется совокупностью переменного электрического и неразрывно с ним связанного магнитного полей. Напряженность электрического поля измеряется в единицах В/м, а напряженность магнитного поля — в единицах А/м. Напряженность является силовой характеристикой поля. Но существует еще энергетическая характеристика — поверхностная плотность потока энергии излучения (ППЭ), единицей которой является Вт/м².

К ЭМП относятся электростатическое, постоянное магнитное, низко- и сверхнизкочастотные поля, электромагнитное поля радиочастот, инфракрасное, видимое, лазерное и УФ-излучение. Спектр ЭМП приведен в табл. 5.9. 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 (рис. 5.6 — 5.8). 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,

Таблица 5.9

Спектр излучения электромагнитного поля						
Номер диапазона по международной классификации	Диапазон частот			Диапазон волн		
	Граница диапазона, Гц	Наименование международное	Название, принятое в гигиенической практике	Граница диапазона, м	Наименование международное	Название, принятое в гигиенической практике
10	0	—	Постоянное (статическое) поле	—	—	—
11	До 3	—	Инфразвуковые частоты	Свыше 10^8	—	—
12	1	$3-3 \cdot 10^1$	Крайне низкие (КНЧ)	10^8-10^7	Декамегаметровые	—
—	2	$3 \cdot 10^1-3 \cdot 10^2$	Сверхнизкие (СНЧ)	10^7-10^6	Мегаметровые	—
—	3	$3 \cdot 10^2-3 \cdot 10^3$	Инфранизкие (ИНЧ)	10^6-10^5	Гектокилометровые	—
—	4	$3 \cdot 10^3-3 \cdot 10^4$	Очень низкие (ОНЧ)	10^5-10^4	Мириаметровые	Сверхдлинные волны (СДВ)
—	5	$3 \cdot 10^4-3 \cdot 10^5$	Низкие (НЧ)	10^4-10^3	Километровые	Длинные волны (ДВ)



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 и 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 темпе-

ратуры, 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, им-пульсно-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

Рис. 5.6. Динамика напряженности энергетического (1) и магнитного (2) полей Земли в зависимости от времени суток

воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электро-

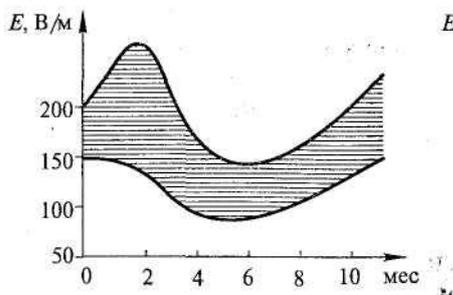


Рис. 5.7. Сезонные изменения электрического поля Земли в течение года

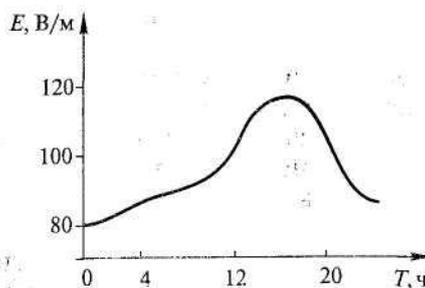


Рис. 5.8. Изменение напряженности электрического поля Земли в зависимости от времени суток

магнитной 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 различной патологии. Их действию подвержены такие системы как нервная, сердечно-сосудистая, эндокринная. Улиц, 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 гипо-таламический 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.

Таблица 5.11

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот
более 30 кГц — 300 ГГц

Параметр и единица измерения	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот, МГц				
	≥0,03—3	≥3—30	≥30—50	≥50—300	≥300—3 000 000
ЭЭ _E , (В/м) ² ч	20 000	7000	800	800	—
ЭЭ _H , (А/м) ² ч	200	—	0,72	—	—
ЭЭ _{ППЭ} , (мкВт/см ²)ч	—	—	—	—	200

Астенический синдром рассматривается как проявление начальной стадии заболевания. Больные предъявляют жалобы на головную боль, головокружение, утомляемость, раздражительность, нарушение сна, боли в области сердца. Характерно пониженное артериальное давление, 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 выпянутых 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. Контроль за источниками ЭМИ РЧ осуществляют в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Оценку воздействия ЭМИ РЧ осуществляют по энергетической экспозиции (ЭЭ), которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека. Различают формулы:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 T,$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 T,$$

где ЭЭ_E — энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем, (В/м)² ч; *E* — напряженность электрического поля, В/м; *T* — время воздействия, ч; ЭЭ_H — энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем, (А/м)² ч; *H* — напряженность магнитного поля, А/м.

Таблица 5.10

ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, мин	Условие воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0—10	24	30	40	50
11—60	16	20	24	30
61—480	8	10	12	15

Таблица 5.12

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот более 30 кГц — 300 ГГц

Параметр и единица измерения	Максимально допустимый уровень в диапазоне частот, МГц				
	≥0,03—3	≥3—30	≥30—50	≥50—300	≥300—3 000 000
E , В/м	500	300	80	80	—
H , А/м	50	—	3,0	—	—
ППЭ, мкВт/см ²	—	—	—	—	1000 5000*

* Для условий локального облучения кистей рук.

Согласно указанным нормативам, энергетическая экспозиция на рабочий день (смену) не должна превышать значений, указанных в табл. 5.10 — 5.12.

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 ЭП отмечаются субъективные расстройства в виде жалоб невротического характера (чувство тяжести и головная боль в височной и затылочной областях, ухудшение памяти, повышенная утомляемость, ощущение вяло-

сти, 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. Допустимые уровни напряженности ЭП предусмотрены СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» и ГОСТом 12.1.002—84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

Стандарт устанавливает 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.

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.

133

$$T_{\text{доп}} = \left(\frac{E_{\text{пред}}}{E_{\text{факт}}} \right)^2,$$

В диапазоне напряженности 20 — 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты $T_{\text{ном}}$, ч, определяется по формуле ■ ■

Электростатические поля. Электростатические поля (ЭСП) образуются за счет неподвижных электрических зарядов и их взаимодействия. Они могут существовать как в пространстве, так и на поверхности 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 и 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, ней-рогуморальная 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.

Гигиеническое нормирование и средства защиты. Допустимые уровни напряженности электростатического поля на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.045—84 «Электрические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», а также СН 1757-77 «Санитарно-гигиенические нормы допустимой напряженности электростатического поля», СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{пред}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется.

где $E_{ф.эст}$ — 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 так же 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. 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.

Вредные производственные факторы:	Источник (причина возникновения):
<i>Группа 1</i>	
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
<i>Группа 2</i>	
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 и 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).

Порядок контроля за состоянием производственной среды при использовании лазерных установок рассматривается в «Санитарных нормах и правилах устройства и эксплуатации лазера» СН 5804-91 и ГОСТе 12.1.040—83 «Лазерная безопасность. Общие положения». 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.

Длина волны, мкм	ПДУ, Дж/см ²
0,200—0,210	1 · 10 ⁻⁸
0,210—0,215	1 · 10 ⁻⁷
0,215—0,290	1 · 10 ⁻⁶
0,290—0,300	1 · 10 ⁻⁵
0,300—0,370	1 · 10 ⁻⁴
Свыше 0,370	1 · 10 ⁻³

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.

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.

5.1.4. Излучения оптического диапазона

Электромагнитный спектр Солнца в разных областях имеет длину волны примерно от 0,1 до 100 000 нм:

Диапазон радиочастот	>100 000
Далекая инфракрасная область	100 000—10 000
Инфракрасная область	10 000—760
Видимая, или оптическая, область	760—400
Ультрафиолетовая область	400—120
Крайняя ультрафиолетовая область	120—10
Низкоэнергетическое рентгеновское излучение	10—0,1
Высокоэнергетическое рентгеновское излучение	<0,1

Солнечное электромагнитное излучение распространяется в космическом пространстве со скоростью 300 000 км/с и достигает поверхности Земли всего за 8 мин. Солнечное излучение, проходя через земную атмосферу, вследствие взаимодействия с последней, ослабляется. Излучение с длиной волны менее 290 нм (рентгеновское, короткое УФ- и у-излучение) полностью поглощается кислородом и озоном в верхних слоях земной атмосферы. Излучение с длиной волны 700 нм (видимое и преимущественно инфракрасное) избирательно поглощается кислородом в верхнем слое земной атмосферы и водяными паром в околосреднем. Для остальных длин волн земная атмосфера прозрачна. Кроме поглощения излучение ослабляется при рассеивании на молекулах воздуха, частичках пыли и водяных каплях.

Количество солнечного излучения, доходящего до земной поверхности, зависит от большого числа природных и антропогенных факторов: географической широты местности, сезона года, времени суток, рельефа местности, загрязненности воздуха, климата, погоды. В зависимости от высоты стояния Солнца меняется соотношение составляющих солнечного излучения (табл. 5.13).

Различают солнечное излучение прямое, исходящее непосредственно от Солнца, рассеянное — от небесного свода и отраженное — от поверхности различных предметов. Сумма всех видов излучения, падающего на горизонтальную поверхность, называется суммарным излучением. Относительная доля рассеянного излучения в общем потоке солнечного излучения по мере увеличения высоты стояния Солнца уменьшается. Коротковолновое излучение рассеивается больше, чем длинноволновое. Облака, отражая прямое излучение, обычно увеличивают общий поток рассеянного излучения. Это имеет значение тогда, когда отражательная способность земной поверхности (альbedo) увеличена. Величина альbedo зависит от характера подстилающей поверхности и длины волны падающего излучения: альbedo зеленой травы в

общем потоке излучения составляет 26 %, инфракрасного (ИК) — 44%, видимого — 6%, коротковолнового — 2 %. Свежий снег отражает 85 % общего потока излучения, речной песок — 29 %, вода при высоте стояния Солнца 60° — 5 %. Облачность снижает интенсивность солнечного излучения в среднем на 47 — 56 %. Особенно значительны потери (15 — 50 %) солнечного излучения в результате загрязнения атмосферы промышленными выбросами, автотранспортом в виде газообразных шлаков, дымов, пыли.

Таблица 5.13

Зависимость энергии излучения областей электромагнитного спектра Солнца от высоты стояния его над горизонтом

Расположение и высота стояния Солнца, град	Энергия излучения области спектра, %		
	УФ-излучение	видимое излучение	инфракрасное излучение
У горизонта	0	28	72
60 град	3	44	53
В зените, 90 град	4	46	50
Голубое небо	10	65	25

Потери в атмосфере вследствие поглощения и рассеяния больше всего отражаются на УФ-излучении. При длине волны менее 320 нм его интенсивность резко падает в результате поглощения его озоном стратосферы, излучение с длиной волны менее 288 нм практически не достигает поверхности земли.

На уровне земной поверхности ультрафиолетовая составляющая солнечного спектра колеблется от 0,6 до 10 %. Здесь УФ-излучение на 70 — 75 % состоит из рассеянного и на 25 — 30 % из прямого излучения. В горах с увеличением на каждые 100 м его интенсивность повышается на 3 — 4% или на 15% на каждые 1000 м высоты над уровнем моря, а в чистой воде уменьшается с каждым метром глубины на 14 %.

г Углубленные исследования географической динамики интенсивности солнечного УФ-излучения позволили составить карту зонирования его на территории нашей страны, в которой различают три зоны.

1) Зона дефицита УФ-излучения, расположенная севернее 57,5° широты. На севере этой зоны в течение ноября — февраля в суммарном излучении отсутствует УФ-излучение с длиной волны

2) ¹ 320 нм. В октябре и марте в этом регионе интенсивность УФ-излучения очень мала, так как в полдень интенсивность суммарного эритемного потока не превышает 10—12 мэр/м². На юге этой зоны это отмечается в декабре—январе.

3) Зона комфорта УФ-излучения, расположенная между 57,5 и 42,4° северной или южной широты. На севере этой зоны дефицит УФ-излучения отмечается в середине зимы. На юге биологически активное УФ-излучение наблюдается в течение всего года. В центральных регионах отмечаются условия оптимального комфортного УФ-излучения, а в южных — избыточного УФ-излучения летом. В летний полдень на юге зоны эритемная энергия УФ-излучения достигает 160 — 240 мэр/м².

4) Зона избыточного ультрафиолетового-излучения, расположенная южнее 42,5° северной широты с эритемной энергией в летний полдень 320 мэр/м² и более.

УФ в значительной мере поглощается обычными оконными стеклами, у открытого окна его интенсивность составляет 50 % наружной, а у закрытого — 2 — 3 %.

Одежда может задержать от 50 до 100 % УФ-излучения; белая мужская рубашка пропускает 20 %, более легкие ткани — до 50 %. Солнечное УФ-излучение достигает максимальной интенсивности между 10 и 14 ч. На этот период приходится 60 %, на период между 9 и 15 ч — 80% суточного количества УФ-излучения. Человека, находящегося в тени здания, достигает лишь рассеянное излучение от половины неба, что составляет 1/4 всей интенсивности суммарного излучения.

Солнечное УФ-излучение является важным фактором самоочищения атмосферного воздуха, воды рек и морей. Электромагнитное излучение Солнца в околоземных условиях мало

зависит от солнечной активности, а гамма-, рентгеновское и коротковолновое излучения полностью поглощаются атмосферой.

Гигиеническая характеристика электромагнитных излучений оптического спектра приведена на рис. 5.9.

Инфракрасное излучение. Инфракрасное излучение (ИК) составляет большую часть солнечного электромагнитного спектра. Поверхности Земли достигает ИК-излучение с длиной волны 760 — 3000 нм, более длинноволновое излучение задерживается атмосферой. ИК-излучение, встречая на своем пути молекулы и атомы различных веществ, усиливает их колебательные движения, вызывая тепловой эффект. Оно проникает сквозь атмосферу, воду и почву, оконное стекло, одежду.

ИК-излучение представляет собой невидимый поток электромагнитных волн с длиной волны 0,76 — 540 нм, обладающий волновыми и квантовыми свойствами. По длине волны ИК-излучения выделяют три области, различающиеся по особенностям своего биологического действия: ИК-А — коротковолновую (менее 1,4 мкм), ИК-В — средневолновую (1,4 — 3,0 мкм), ИК-С — длинноволновую (более 3 мкм) (табл. 5.14). В производственных условиях гигиеническое значение имеет более узкий диапазон — (0,76 — 70 мкм). ИК-Излучение; проходя через воздух, его не нагревает, но, поглотившись твердыми телами, лучистая энергия переходит в тепловую энергию, вызывая нагревание окружающих поверхностей.

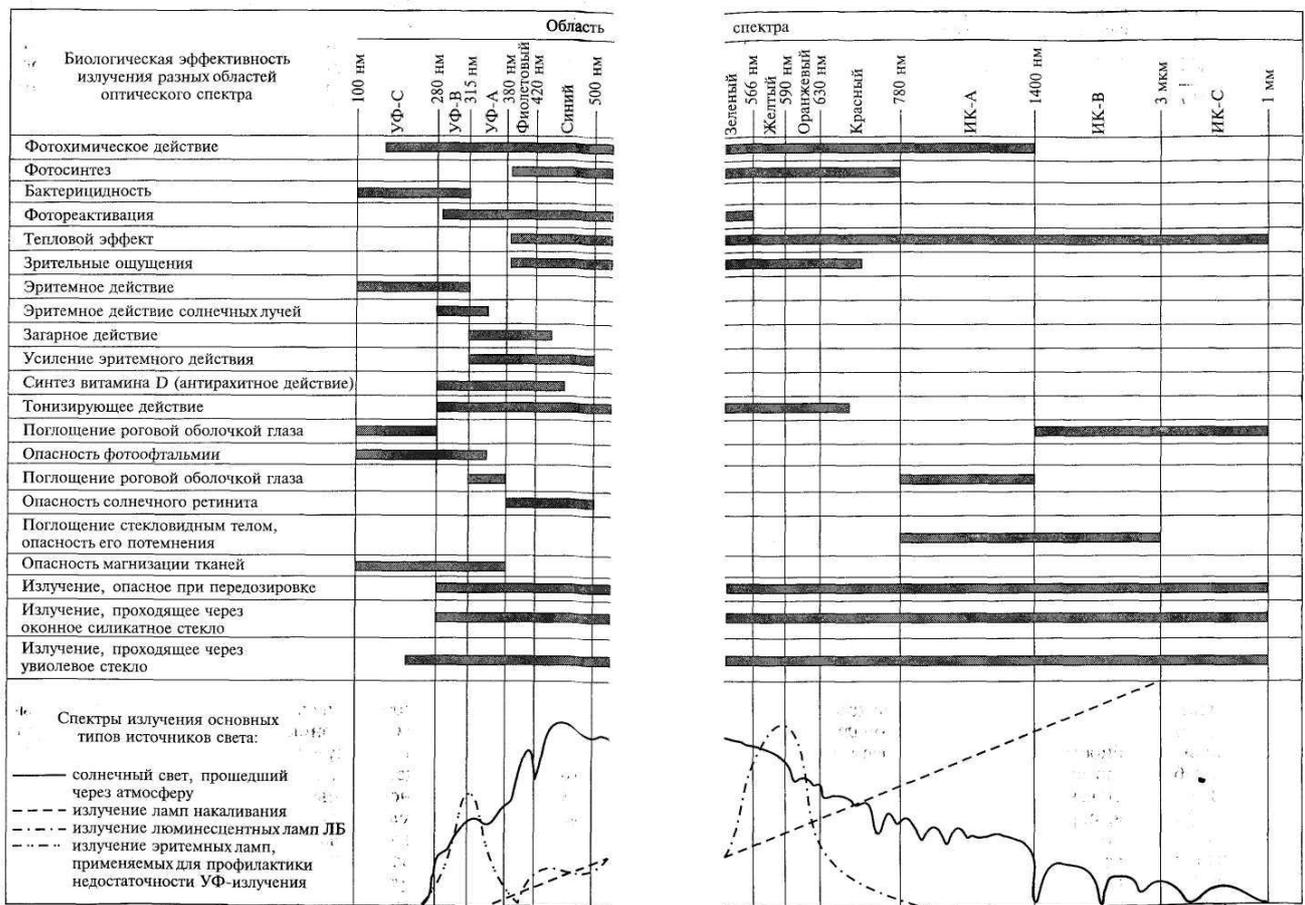


Рис. 5.9. Гигиеническая характеристика

излучений оптического спектра

Изменение органа зрения и кожи под воздействием УФ-излучения видимого и ИК-излучения

Область спектра	Орган зрения	Кожа
УФ-С (100—280 нм)	Фотокератит	Эритема, загар, рак кожи
УФ-В (280—315 нм)	Фотокератит, катаракта хрусталика	Загар, эритема, рак кожи, ускоренное старение кожи
УФ-А (315—400 нм)	Фотокератит, катаракта	Загар, потемнение кожи, реакции отосенсибилизации, рак кожи, ускоренное старение
Видимая (400—750 нм)	Фотохимическое и термическое повреждение сетчатки	Потемнение кожи, реакции фотосенсибилизации, ожог кожи
ИК-А (780—1400 нм)	Катаракта, ожог сетчатки	Ожог кожи
ИК-В (1400—3000 нм)	Ожог роговицы, тканей передней камеры, катаракта	То же
ИК-С (более 3000 нм)	Ожог роговицы	»

Источником ИК-излучения является любое нагретое тело. Степень ИК-излучения обусловлена следующими основными законами, важными в гигиеническом отношении.

Лучеиспускание обусловлено только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды (закон Кирхгофа). Лучеиспускательная способность любого тела пропорциональна его луче-поглощательной способности. Тело, поглощающее все падающие на него лучи (абсолютно черное тело), обладает максимальным излучением. На этом основано применение отражающей защитной одежды, светофильтров, окраска оборудования, устройство приборов для измерений теплового излучения.

С повышением температуры излучающего тела мощность излучения увеличивается пропорционально четвертой степени его абсолютной температуры. В соответствии с этим законом даже небольшое повышение температуры тела приводит к значительному росту отдачи тепла излучением. Используя этот закон, можно определить величину теплообмена излучением в производственных условиях.

Произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны излучения с максимальной энергией — величина постоянная (закон Вина — закон смещения):

$$\lambda_{\max} T = C,$$

где λ_{\max} — длина волны, мкм; T — абсолютная температура, К; $C = 2880$ — константа.

По температуре источника можно ориентировочно определить длину волны максимального излучения и оценить биологический эффект его воздействия.

Тепловое излучение образуется всяким телом, температура которого выше абсолютного нуля. По закону Стефана—Больцмана мощность излучения E увеличивается пропорционально четвертой степени абсолютной температуры T :

$$E = \sigma T^4,$$

где σ — константа Стефана—Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^8$ Вт/(м² · К⁴); T — абсолютная температура тела, К.

Таким образом, даже небольшое повышение температуры тела приводит к значительному росту отдачи теплоты излучением. Используя этот закон, можно определить величину теплообмена излучением в производственных условиях.

Биологическое действие. Действие ИК-излучения при поглощении проявляется в основном глубинным или поверхностным прогреванием тканей. Длинноволновая (более 1400 нм) часть спектра задерживается в основном поверхностными слоями кожи, вызывая жжение (калящие лучи). Средневолновая и коротковолновая части ИК-излучения и красная часть види-

мого излучения проникают на глубину до 3 см и при высоких энергиях могут вызывать перегревание тканей, примером чему может служить солнечный удар — результат перегревания тканей мозга. При оптимальных уровнях интенсивности ИК-излучение вызывает приятное тепловое ощущение, способствует тепловому равновесию организма с окружающей средой. Переносимость действия ИК-излучения кожей зависит от мощности этого излучения (см. ниже):

Характеристика действия	Интенсивность излучения, МДж/(м ² ·ч)
Слабое, переносится неопределенно долго	1—2,01
Умеренное, переносится 3—5 мин	2,01—3,77
Среднее, переносится 25—60 с	4,02—7,54
Сильное, переносится 10—12 с	7,54—10,05
Очень сильное, переносится 2—5 с	> 12,56

При локальном действии на ткани ИК-излучение несколько ускоряет биохимические реакции, ферментативные процессы, рост клеток, кровотоков. Активные продукты распада, образующиеся под его влиянием на кожу, и нервные импульсы от кожи распространяют местное действие излучения на весь организм. Такое влияние нормализует его работу, ослабляя тонус мышц, сосудов, чрезмерное напряжение, болевые ощущения. ИК-излучение обладает противовоспалительным действием и поэтому используется в лечебной практике как физиотерапевтическое средство.

Организм человека, благодаря экзотермическим реакциям обмена веществ, генерирует тепловую энергию, большая часть которой выделяется поверхностью кожи в виде ИК-излучения. Это лежит в основе обмена тепла организма с окружающей средой и поддержании постоянства температуры тела.

Согласно основному закону термодинамики, тепловая энергия передается от более нагретого тела менее нагретому, что имеет большое значение в теплообмене человека. Если температура поверхности тела человека выше температуры окружающих поверхностей, человек отдает тепло излучением, если окружающие поверхности имеют более высокую температуру, то человек получает от них тепло. Радиационные теплотери организма можно рассчитать по следующему уравнению

$$Q = \sigma S \tau (K_1 T_{\text{пов.т}}^4 - K_2 T_{\text{пред}}^4),$$

где Q — величина потерь теплоты излучением, Дж; σ — постоянная Стефана—Больцмана; S — площадь радиационной поверхности тела, м²; τ — время, ч; K_1 и K_2 — коэффициенты «черноты» (излучения) поверхностей (для тела и большинства поверхностей равны 0,8 — 0,96); $T_{\text{пов.т}}$ и $T_{\text{пред}}$ — абсолютные температуры соответствующих поверхностей, К.

В обычных условиях у человека существуют определенные механизмы, предотвращающие вредное воздействие ИК-излучения на орган зрения — мигательный, зрачковый и другие рефлексy. В естественных условиях ИК-излучение обычно сочетается с интенсивным излучением видимого диапазона, и это совместное действие достаточно эффективно ограничивает дозу излучения, проникающего внутрь глаза. Однако с появлением производственных источников «чистого» ИК-излучения защитные механизмы не всегда могут сыграть свою роль.

Еще в XIX в. было известно, что у рабочих металлургических, стеклодувных и тому подобных производств развивалась катаракта. Она возникала вследствие поглощения ИК-энергии непосредственно в хрусталике либо в результате нагрева хрусталика путем теплопереноса от радужки и влаги от камеры глаза. Сейчас это заболевание у них выявляется значительно реже.

Поглощение ИК-излучения в коже человека в значительной степени зависит от оптических характеристик кожного покрова — от его спектральных характеристик отражения, поглощения и пропускания. Основным биологическим эффектом при воздействии ближнего ИК-излучения являются ожоги, усиление пигментации кожи. При хронических, многократно повторяющихся облучениях изменение пигментации может становиться стойким («эритемоподобный» цвет лица у рабочих — стеклодувов, сталеваров).

Воздействие ИК-излучения на организм может проявляться не только в виде местных, но и общих реакций, причем коротковолновое ИК-излучение обладает более выраженным общим

воздействием. Большое количество поглощенного ИК-света приводит к перегреву и повышению температуры организма вследствие нарушения гомеостатических механизмов терморегуляции. При этом происходит снижение физической работоспособности, функциональных возможностей организма.

Колебания теплового облучения человека на рабочих местах зависят от многих причин: характера технологического процесса, температуры источника излучения, расстояния рабочего места от источника излучения, степени теплоизоляции, наличия средств индивидуальной и коллективной защиты.

Гигиеническое нормирование и профилактика. Основными направлениями рекомендаций по оздоровлению условий труда являются совершенствование технологических процессов с учетом гигиенических требований, снижение интенсивности тепловых излучений, совершенствование систем вентиляции, кондиционирования воздуха, организация физиологически обоснованных режимов труда и отдыха, питьевого режима, обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

В целях профилактики неблагоприятного действия ИК-излучений для работ разной степени тяжести установлены сочетания температуры и скорости движения воздуха при воздушном душировании. Разработаны рекомендации по обеспечению СИЗ в зависимости от величины теплового излучения, продолжительности периодов непрерывного облучения и пауз при различных уровнях ИК-излучения (табл. 5.15).

50 % и более	35
25—50 %	70
Не более 25 %	100

Допустимые значения интенсивности теплового облучения работников от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и пр.) не должны превышать 140 Вт/м^2 . При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе защиты лица и глаз.

В СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» указаны ПДУ теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников, Вт/м^2 , для поверхности тела 25 — 50%:

Таблица 5.15

Рекомендуемая продолжительность непрерывного ИК-облучения

Интенсивность облучения, Вт/м^2	Продолжительность непрерывного облучения, мин	Продолжительность паузы, мин	Соотношение времени облучения и пауз
350	20	8	2,5
700	15	10	1,5
1050	12	12	1,0
1400	9	13	0,7
1750	7	14	0,5
2100	5	15	0,33
2450	3,5	12	0,30

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должны превышать в зависимости от категории работ следующих значений:

- 25 °С — при категории работ 1а;
- 24 °С — при категории работ 1б;
- 22 °С — при категории работ 2а;
- 21 °С — при категории работ 2б;
- 20 °С — при категории работ 3.

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 работники

имеют контакт с ИК-излучением, нельзя принимать лиц с хроническими повторяющимися заболеваниями глаз, выраженной вегетативно-сосудистой дистонией и катарактой (помутнением хрусталика глаза).

Оптическое (видимое) излучение. Несмотря на то, что оптическое излучение в спектре ЭМИ занимает очень узкий диапазон (400 — 700 нм), по физиологическому и гигиеническому значению оно занимает ведущее место. Основное свойство оптического излучения — способность вызывать световое ощущение. По С. И. Вавилову, «свет — необходимое условие для работы глаза, самого тонкого, универсального и могучего органа чувств».

Свет дает около 80 % информации из внешнего мира. Он оказывает благоприятное влияние на организм, стимулирует его жизнедеятельность, усиливает обмен веществ, улучшает общее самочувствие, эмоциональное настроение, повышает работоспособность. Свет обладает также тепловым действием: на долю видимого излучения в солнечном спектре приходится около половины общей тепловой энергии.

Свет оздоравливает окружающую среду. Где лучше освещение, там чище, суше, опрятнее, эстетичнее помещение. Нерациональное, включая недостаточное, освещение отрицательно сказывается на функции зрительного анализатора, повышает утомляемость, снижает работоспособность человека и производительность его труда, способствует росту производственного травматизма. Длительное отсутствие или недостаточность видимого излучения может приводить к развитию патологических состояний (аномалии рефракции, нарушения биологических ритмов, изменения в центральной нервной системе, нарушения биохимических и иммунных реакций).

Физические основы освещения. Электромагнитное излучение, вызывающее световое ощущение, называется оптическим излучением, а мощность такого излучения — световым потоком. Излучения равной мощности, но разной длины волны обладают неодинаковой световой эффективностью, т. е. вызывают неодинаковое световое ощущение.

Освещенность — мера количества света, падающего на поверхность от окружающей среды и локальных источников. *Яркость* — это фотометрическая величина, соответствующая психологическому ощущению светимости. Уровнем яркости светящейся поверхности определяется ее блескость. *Яркость*, превышающая 5000 кд/м^2 , вызывает чувство слепимости.

Зрительные функции. Интегральной функцией зрительного анализатора является восприятие освещенного объекта. В основе этого лежат следующие зрительные функции.

Острота зрения — способность глаза различать наименьшие детали объекта. С увеличением освещенности до 100 — 150 лк острота различения быстро возрастает, при дальнейшем увеличении ее рост замедляется.

Контрастная чувствительность — способность глаза различать минимальную разность яркостей рассматриваемого объекта и фона. Если рабочая поверхность отражает не более 30 — 40 % падающего света, то контрастная чувствительность наиболее высока при освещенностях 1000 — 500 лк.

Быстрота различения — наименьшее время, необходимое для различения деталей объекта. Быстрота различения заметно возрастает при увеличении освещенности до 100—150 лк, затем ее рост замедляется (но не заканчивается) до 1000 лк и выше.

Все перечисленные функции тесно взаимосвязаны и определяют интегральную функцию зрительного анализатора — видимость.

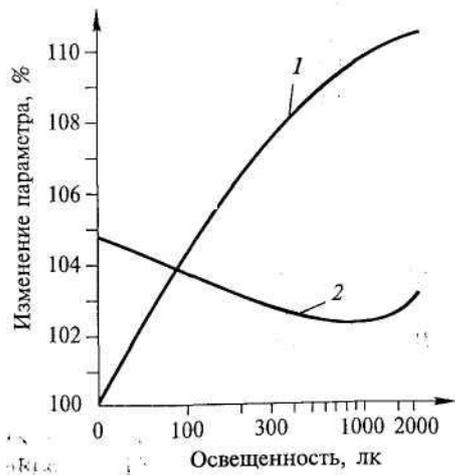


Рис. 5.10. Соотношение освещения, производительности труда и усталости человека: 1 — производительность труда; 2 — носительная усталость

Устойчивость ясного видения — определяется отношением времени ясного видения деталей объекта к суммарному времени его рассматривания. Эта функция характеризует утомление зрительного анализатора, возрастающее в процессе зрительной работы. Утомление наступает тем быстрее, чем хуже освещенность, и достигает оптимальных значений при освещенности, равной 600 — 1000 лк.

Функция цветоразличения играет большую роль при работе с окрашенными объектами и фоном. Белый, черный, серый цвета — ахроматические, различаются только яркостью и образуются интегральным потоком световой энергии. Хроматические цвета характеризуются и яркостью, и цветностью — они монохроматичны. Для различных участков видимого спектра величина цветового порога неодинакова. Глаз наиболее чувствителен к средней части видимого спектра и имеет максимальную чувствительность при длине волны 555 нм (желто-зеленый участок). Эта чувствительность принята за единицу. По мере приближения к красному или фиолетовому участкам спектра чувствительность глаза резко снижается. При сумеречном освещении цветовая чувствительность извращается и снижается вплоть до нуля.

Адаптация — свойство глаза уменьшать и увеличивать свою чувствительность при переходе от низкой к высокой освещенности и наоборот. Чем больше разность между освещенностями, тем продолжительнее адаптация. На процессы адаптации сильное влияние оказывает неравномерность освещения: перенос зрения с более яркого фона или объекта на менее яркий и обратно приводит к частной переадаптации зрения, утомлению зрительного анализатора, снижению его работоспособности.

Аккомодация — способность глаза регулировать остроту зрения путем изменения преломления света в оптической системе глаза, главным образом за счет кривизны хрусталика. При недостаточной освещенности (менее 75—100 лк) острота зрения снижается. Для ее усиления кривизна хрусталика увеличивается, глаз приближается к рассматриваемому объекту. В результате этого быстрее наступает зрительное утомление, а у несформировавшегося глаза (дети, подростки) развивается близорукость, особенно, если к этому имеется врожденная предрасположенность.

Критическая частота мельканий определяется временем, в течение которого в зрительном анализаторе сохраняются следовые образы: изображение объекта, исчезнувшего из поля зрения, остается видимым еще несколько долей секунды в зависимости от яркости рассматриваемого объекта. На этой функции зрения основано величайшее изобретение человечества — кино. Частота 25 кадров в секунду близких по конфигурации объектов и затемнение экрана обеспечивают непрерывность изображения.

Все зрительные работы можно разделить на три основных вида.

К первой группе следует отнести все работы, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов. При этом объект различения может находиться как близко,

так и далеко от глаз.. Чем ближе находится объект, тем большие требования предъявляются к разрешающей способности глаза, т. е. к аккомодационному рефлексу.

Ко *второй группе* относятся такие работы, при выполнении которых требуется использование оптических приборов (лупы, микроскопа и т.д.), ибо размер рассматриваемого объекта не может быть воспринят даже при высоких уровнях яркости.

К *третьей группе* относятся работы, связанные с восприятием информации с экрана, при которых имеются особые требования к организации освещения. Существует зависимость между уровнем видимого излучения, характером зрительной работы и функциональным состоянием зрительного анализатора. На рис. 5.10 показана связь между производительностью труда и освещенностью рабочего места. Установлено, что при выполнении зрительной работы любой степени точности понижение освещенности неизбежно ведет к зрительному утомлению и снижению работоспособности на 10-50%.

Выполнение зрительной работы при нерациональном (низкой освещенности, повышенной яркости, слепимости и пр.) освещении может вести к развитию утомления зрительного анализатора, и, как следствие, развитию близорукости.

При рассматривании предметов, расположенных на близком расстоянии от глаз (часовщик, наборщик, специалист, работающий с оптическими приборами — лупой, микроскопом), когда не требуется восприятия объектов «по глубине», статическое напряжение мышц глаза может привести к их длительному сокраще-

нию — появляется спазм аккомодации. При этом форма хрусталика остается постоянной при переводе взгляда с близкой поверхности на далеко расположенную. При этом близкие предметы фокусируются на сетчатке, а далекие — перед ней, т. е. глаз становится близоруким. При ликвидации спазма аккомодации,

т.е. при расслаблении мышц глаза, зрение становится нормальным. Чаще спазм аккомодации проявляется в зимне-весенний период года после длительной зрительной работы.

Близорукость, рассматриваемая как вынужденный процесс приспособления зрительной системы к работе на близком расстоянии, может наблюдаться у тех людей, мышцы глаза которых хорошо развиты и способны длительное время удерживать хрусталик в напряженном состоянии. Однако те, у кого глазные мышцы ослаблены, вынужденное приспособление глаза в работе на близком расстоянии при недостаточной освещенности будет происходить за счет увеличения переднезаднего размера глазного яблока, что лежит в основе близорукости. Таким образом, причиной развития близорукости кроме наследственных факторов может являться большая зрительная нагрузка, выполняемая при недостаточной освещенности.

Сила аккомодации зависит исключительно от способности хрусталика менять свою кривизну. Эта способность с возрастом изменяется и тем быстрее, чем сложнее при низких уровнях видимого излучения выполняется зрительная работа. Если молодой работник при недостаточной освещенности может рассматривать предметы на расстоянии 30 — 40 см от глаза, то работник со старческой дальнозоркостью должен или использовать очки, или увеличить освещенность до оптимальных величин, при которых усиление оптической силы глаза происходит за счет зрачкового рефлекса.

Прогрессирующая близорукость относится к профессиональным заболеваниям, если у работника в течение года она увеличивается не менее чем на одну диоптрию. Субъективно она выражается прежде всего в снижении остроты зрения, появлении в зрительном поле плавающих темных точек, полос, «мушек», искажении рассматриваемых предметов, быстрой зрительной утомляемости. Близорукость может сопровождаться осложнениями вплоть до кровоизлияний в глазном яблоке и последующем снижении зрения.

Гигиенические требования к освещению. При гигиеническом нормировании видимого излучения, кроме оптимальной величины, определяется и нижняя граница, за которой зрительный анализатор не может выполнять работу в заданном объеме. Видимое излучение создается естественными и искусственными источниками света с различными спектральными характеристиками. Верхняя граница норматива в условиях искусственной среды определяется, прежде всего, техническими и энергетическими возможностями. Гигиенического нормирования минимальной длительности естественного освещения нет. Гигиеническое нормирование освещенности устанавливается в соответствии с физиологическими особенностями зритель-

ной функции. Для создания рациональных условий освещения к нему предъявляются определенные требования, отражающие как количественные, так и качественные характеристики световой обстановки.

Освещенность рабочей поверхности должна быть достаточной для проведения конкретной работы. Необходимые уровни освещенности нормируются в зависимости от точности выполняемых операций, световых свойств рабочей поверхности и рассматриваемой детали, системы освещения. Достаточность освещенности является количественным показателем.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество освещения, относятся достаточная освещенность рабочего места и окружающего пространства в соответствии с нормативными значениями; равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней. Это имеет важное значение для поддержания работоспособности человека.

Степень неравномерности освещенности определяется коэффициентом неравномерности — отношением максимальной освещенности к минимальной. Чем выше точность работ, тем меньше должен быть коэффициент неравномерности. Равномерность освещенности достигается рациональной схемой размещения светильников, системой освещения, запрещением применения только местного освещения. Наличие теней создает неравномерность освещения, особенно опасны движущиеся тени. Устранить или смягчить их можно правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, а также увеличением отраженной составляющей освещенности.

Качество освещения определяется также ограничением прямой и отраженной блескости. Чрезмерная слепящая яркость (блескость) — свойство светящихся поверхностей с повышенной яркостью нарушать условия комфортного зрения, ухудшать контрастную чувствительность или оказывать одновременно оба эти действия. Снижение блескости достигается рациональным выбором защитного угла светильника и высоты его подвеса. Ослабление отраженной блескости достигается правильным выбором направления светового потока, уменьшением яркости источников света, устройством отраженного освещения, изменением угла наклона рабочей поверхности, заменой блестящих поверхностей матовыми.

Последнее гигиеническое требование, касающееся качества освещения — это ограничение или устранение колебаний светового потока. Оно достигается динамическим освещением, которое по интенсивности и спектру излучения искусственно изменяется в течение дня.

Естественное освещение. Источником естественного освещения являются Солнце, рассеянный свет от небосвода, отраженный свет от поверхности Земли, Луны. Дневная освещенность зависит от погоды, поверхности почвы, высоты стояния солнца над горизонтом. В средней полосе страны она колеблется в широких пределах от 65 000 лк в августе до 1000 лк и менее в январе. Запыленность воздуха заметно влияет на освещенность. В крупных промышленных центрах освещенность на 30 — 40 % меньше, чем в районах с относительно чистым воздухом.

Естественная освещенность помещений зависит от ориентации светопроемов по странам света. На интенсивность солнечного освещения помещений влияет также затемнение близлежащими зданиями или зелеными насаждениями, характер застекления световых проемов, загрязнение стекол и др.

Естественное освещение состоит из бокового (через окна), верхнего (через фонари) и комбинированного (через окна и фонари). Применение той или иной системы освещения зависит от точности выполняемой работы, назначения и размеров помещения, расположения его в плане здания, а также от климатических особенностей местности.

Нормируемым показателем является коэффициент естественной освещенности (КЕО), устанавливаемый для различных помещений с учетом их назначения, характера и точности выполняемой работы. При выполнении работ средней точности КЕО составляет 1,2—4 %, КЕО характеризует процентное отношение освещенности внутри помещения к освещенности вне него.

Наиболее часто производственная работа выполняется при совмещенном освещении, т. е. тогда, когда недостаточное (ниже допустимого уровня) естественное освещение дополняется искусственным.

Искусственное освещение. Искусственное освещение — важнейшее условие и средство расширения активной деятельности человека. Оно позволяет удлинять активное время суток, осваивать подземные сооружения, районы Крайнего Севера в полярные ночи и т.д. Для искусственного освещения используют электрические и неэлектрические источники света.

У большинства источников света излучение светового потока происходит более или менее равномерно во все стороны. Для перераспределения светового потока в нужных целях используется осветительная арматура. Она обеспечивает также защиту глаз от слепящего действия и блескости источника света, а источник света — от механических повреждений, влаги, взрывоопасных газов и пр.

Зрительная работа может выполняться как при комбинированном (общее и местное освещение), так и при одном общем освещении. В том и другом случае уровни видимого излучения должны быть одинаково достаточными для выполнения соответствующих зрительных работ. Согласно СНиП 11-4-79 при выполнении работ средней точности нормируемая освещенность составляет 150 — 750 лк. В табл. 5.16 приведены рекомендуемые диапазоны освещенности для выполнения различных видов работ.

В настоящее время разработаны гигиенические требования к освещению производственных помещений, общественных помещений, жилых и вспомогательных зданий, к наружному освещению, в том числе городских и сельских поселений, к аварийному освещению, архитектурному, витринному и рекламному освещению и пр.

Во время предварительных медицинских осмотров лиц, претендующих на выполнение точных зрительных работ, противопоказаниями к приему на работу будут различные нарушения функции и заболевания органа зрения. Периодические медицинские осмотры таких работников проводятся раз в год, но работникам с выраженной прогрессирующей близорукостью целесообразно сменить место трудовой деятельности.

Цвет и цветовое оформление. Одно из основных свойств зрения человека — умение наряду со светом различать цвета. Цвет не существует независимо от предметов и вещей, которым он присущ. Поэтому влияние цвета на психику обусловлено опытом общения человека с предметами, накопленными в течение жизни, и отношением к ним. Цвет может вызывать определенные эмоции или изменять их. «Приятные» цвета вызывают хорошие чувства, «мрачные» могут послужить причиной плохого настроения. Ассоциативные связи впечатлений о цвете с другими жизненными впечатлениями оказывают влияние на оценки, отражающиеся на поведении и самочувствии человека, как в положительном, так и в отрицательном смысле. Эти оценки индивидуальны и разнообразны.

Несмотря на индивидуальность оценки цвета, многие явления воспринимаются большинством людей приблизительно одинаково. Цветовой фон воздействует на различные системы организма человека, возбуждая или стабилизируя функции человека. Однако при этом имеют значение тон, его насыщенность, яркость, величина световой поверхности в поле зрения и т. п. Например, красный, оранжевый, желтый цвета воспринимаются как теплые тона, а у лиц, имевших продолжительное время перед глазами красную стену, отмечалось повышение температуры тела.

Разумное сочетание тонов благоприятно сказывается на работоспособности человека. Например, цветовые контрасты облегчают распознавание, предохраняют зрение от преждевременного утомления, вызванного перепадами яркости.

Необходимо помнить, что одни и те же цвета изменяют свое действие под влиянием освещения. При этом очень важную роль играет спектральный состав света, т. е. его цветность. Под влиянием освещенности восприятие цвета может искажаться. Выбирая определенный световой спектр, можно довести цветные поверхности до абсолютной бесцветности или наоборот, сделать их более яркими. В свою очередь цвет влияет на освещение, в частности, отражение окрашенных поверхностей может изменить освещенность предмета. Все это свидетельствует о необходимости комплексного формирования светового и цветового климата. Иными словами, цвет относится к факторам, влияющим на работоспособность и производительность труда.

Рекомендуемые диапазоны освещенности для выполнения различных видов заданий

Вид деятельности или помещения	Диапазон освещенности, лк
А	
Темные общественные помещения	20—50
Простая ориентировка при кратковременных посещениях	50—100
Рабочие помещения, в которых зрительные задания выполняются лишь изредка	100—200
В	
Выполнение зрительных заданий с большим контрастом или с большими размерами элементов: чтение печатных материалов, машинописных оригиналов, рукописей, написанных чернилами, ксерокопий хорошего качества; грубые слесарные и механические работы; обыкновенный осмотр; грубые монтажно-сборочные работы	200—500
Выполнение зрительных заданий со средним контрастом или малыми размерами элементов: чтение рукописей, написанных карандашом, и печатных материалов с плохим качеством печати или копирования; слесарные или механические работы средней трудности; трудный визуальный осмотр; монтажно-сборочные работы средней трудности	500—1000
Выполнение зрительных заданий с малым контрастом или с очень малыми размерами элементов: чтение рукописей, написанных простым карандашом на плохой бумаге, печатных материалов с очень плохим качеством копирования; очень трудный визуальный осмотр	1000—2000
С	
Выполнение зрительных заданий с малым контрастом и очень малыми размерами элементов в течение длительного времени: точные монтажно-сборочные работы; очень трудный визуальный осмотр; точные слесарные и механические работы	2000—5000

Ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовое (УФ) излучение представляет собой невидимое глазом электромагнитное из-

Примечание. А — общее освещение всего рабочего помещения; В — освещение рабочей зоны; С — освещение рабочей зоны, получаемое комбинацией общего и местного (дополнительного) освещения.

лучение, занимающее в электромагнитном спектре промежуточное положение между светом и рентгеновским излучением.

УФ-Излучение обладает способностью вызывать фотоэлектрический эффект, проявлять фотохимическую активность (развитие фотохимических реакций), вызывать люминесценцию и проявлять значительную биологическую активность.

Для оценки интенсивности УФ-излучения используют энергетическую (физическую) облученность Вт/м². Биологическое действие УФ-излучения обычно оценивают по бактерицидным и эри-темным свойствам излучения. Эритемный поток — мощность эри-темного излучения — представляет собой величину, характеризующую эффективность УФ-излучения по его полезному воздействию на человека и животных. За единицу эритемного излучения принят эр, соответствующий мощности 1 Вт для длины волны 297 нм. За единицу измерения бактерицидного потока принят бакт — бактерицидный поток монохроматического излучения 1 Вт с длиной волны 254 нм.

Производственные источники УФ-излучения. Наиболее распространенными искусственными источниками УФ-излучения на производстве являются электрические дуги, ртутно-кварцевые горелки, автогенное пламя. Они принадлежат к так называемым температурным

излучателям. УФ-облучению подвергаются работники, занятые электросваркой, автогенной резкой и "сваркой металла, плазменной резкой и сваркой, дефектоскопией; работники, занятые плавкой металлов и минералов с высокой температурой плавления на электрических, диабазовых, стекольных и других печах; работники, занятые производством ртутных выпрямителей; испытатели изоляторов; технический и медицинский персонал, работающий с ртутно-кварцевыми лампами при светокопировании, стерилизации воды и продуктов. Сельскохозяйственные, строительные, дорожные работники и другие профессиональные группы, работающие под открытым небом, подвергаются действию УФ-излучения солнечного спектра, особенно в осенне-летний период.

Влияние на организм человека. В биологически активной части УФ-излучения можно выделить три области: спектральную область А с длиной волны 400 — 315 нм, отличающуюся сравнительно слабым биологическим действием, возбуждающую флюоресценцию органических соединений; область В с длиной волны 315 — 280 нм, обладающую сильным эритемным (вызывает покраснение) и антирахитическим действием, и область с длиной волны С — 280 — 200 нм, активно действующую на тканевые белки и липиды, вызывающую гемолиз (разрушение красных кровяных телец) и обладающую выраженным антирахитическим действием (см. табл. 5.14). УФ-излучение более короткого диапазона (от 180 нм и ниже) сильно поглощается всеми материалами и средами, в том числе и воздухом, поэтому может иметь место только в условиях вакуума.

Биологическое действие УФ-излучения солнечного света проявляется прежде всего в положительном влиянии на организм человека. УФ-излучение — жизненно необходимый фактор. Установлено его общестимулирующее действие: повышается умственная работоспособность, физическая выносливость. Под воздействием УФ-излучения наблюдается более интенсивное выведение химических веществ из организма и уменьшение их токсического действия. Повышается сопротивляемость организма, снижается заболеваемость, в частности органов дыхания, повышается устойчивость к охлаждению, снижается утомляемость, увеличивается работоспособность.

При длительном недостатке УФ-излучения солнечного света возникают нарушения физиологического равновесия организма, развивается своеобразный симптомокомплекс, именуемый «световое голодание». К контингентам, испытывающим его, относятся работники шахт и рудников, люди, находящиеся в бесфонарных и безоконных цехах и объектах, не имеющих естественного освещения, таких, как машинные отделения, метрополитен и др., а также работающие на Крайнем Севере.

Наиболее часто следствием недостатка УФ-излучения являются авитаминоз D, ослабление иммунобиологических реакций организма, обострение хронических заболеваний, функциональные расстройства центральной нервной системы.

Ультрафиолетовое (солнечное) излучение, обладая мощным, стимулирующим организм, общебиологическим действием и бактерицидными свойствами, при передозировке может приводить к нежелательным результатам. Одним из самых распространенных неблагоприятных последствий действия УФ-излучения является ожог кожных покровов, который регистрируется в солнечные летние дни. Их следует рассматривать как бытовые травмы. УФ-излучение в дозах, значительно превышающих пороговую дозу эри-темной облученности, при длительном воздействии на организм может сопровождаться возникновением кожных онкологических заболеваний. В последние годы в связи с озабоченностью, вызванной изменением озонового слоя атмосферы, были предложены математические модели, которые устанавливают зависимость заболеваемости раком кожи от солнечного УФ-излучения. Несмотря на неточности, согласно оптимальной модели увеличение интенсивности УФ-излучения до 5 % в эритемном спектре может привести к увеличению частоты возникновения рака кожи у восприимчивого населения после 60 лет на 15 %.

УФ-Излучение при комбинированном действии с некоторыми химическими соединениями (фотосенсибилизаторами) является причиной кожных поражений. Они возникают во время или сразу после УФ-облучения, исчезают через 3 — 6 ч, характеризуются минимальной пигментацией. Фотосенсибилизаторами могут быть косметические средства (духи, лосьоны, содержащие эфирные масла), кремы (содержащие производные каменноугольного дегтя),

лекарственные средства (содержащие сульфаниламиды). Спектры действия фототоксических веществ находятся в области 320 — 400 нм. Фотоаллергия — это приобретенная способность кожи давать реакцию на видимое излучение самостоятельно или в присутствии фотосенсибилизатора. Она встречается относительно редко и выражается в виде крапивницы.

Среди работников в результате их контакта с УФ-излучением диагностируются острые профессиональные заболевания глаз (электроофтальмия) и кожи (фотодерматиты).

Электроофтальмия возникает чаще всего у электросварщиков и их помощников уже через несколько минут или часов после облучения. У пострадавшего появляются жалобы на ощущение инородного тела и рези в глазах, слезотечение, светобоязнь. При этом наблюдается покраснение глазных яблок, отечность век, трудно открыть глаза. Через несколько дней симптомы заболевания проходят.

Фотодерматит возникает у работников, имеющих контакты с асфальтом, рубероидом, мазутом, пеком. Его начало — ощущение зуда и жжения на коже шеи, лица, рук. Затем развивается покраснение, отек, пузыри, шелушение. Работники после-отстранения от работы и лечения могут вернуться на прежнее рабочее место.

Изменения воздушной среды под влиянием УФ-излучения. Важное гигиеническое значение имеет способность УФ-излучения (область С) производственных источников изменять газовый состав атмосферного воздуха вследствие его ионизации. При этом в воздухе образуются озон и оксиды азота. Эти газы обладают высокой токсичностью и могут представлять большую профессиональную опасность, особенно при выполнении сварочных работ, сопровождающихся УФ-излучением, в ограниченных, плохо проветриваемых помещениях или в замкнутых пространствах.

В целях профилактики отравлений этими газами соответствующие помещения должны быть оборудованы местной вытяжкой или общеобменной вентиляцией, а при проведении сварочных работ в замкнутых объемах (отсеках кораблей, различных емкостей) необходимо подавать свежий воздух непосредственно под щиток или шлем.

Гигиеническое нормирование и меры защиты. Нормируемой величиной для УФ-излучения является облученность. Различают эри-темную, или биологическую дозу облученности, которая равна минимальному времени облучения, после которого через 8—14 ч появляется покраснение на незагорелом участке кожи. Доза, которая позволяет предупреждать гипо- и авитаминоз D, нарушения фосфорно-кальциевого обмена и другие нежелательные последствия «светового голодания», называется профилактической и составляет $\frac{1}{8}$ эритемной дозы. Оптимальная, или физиологическая, доза УФ-излучения составляет $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ эритемной дозы. Для производственных помещений нормативы дифференцированы с учетом области спектра, длительности и режима (однократное, повторное) облучения. В целях профилактики «УФ-дефицита» в качестве солнечного излучения используются световоздушные ванны, солярии, а также и УФ-облучение искусственными источниками.

При профилактическом УФ-облучении людей регламентированы облученность и суточная доза. Эти нормы установлены для диапазона 280 — 400 нм и подразделены на минимальные, максимальные и рекомендуемые. Согласно гигиеническому нормированию УФ-излучения установлено, что максимальная облученность не должна превышать $7,5$ мэр·ч/м², а максимальная суточная доза — 60 мэр·ч/м² для диапазона УФ-излучения с длиной волны больше 280 нм. Потенциальная возможность развития неблагоприятных последствий УФ-переоблучения обусловила необходимость ограничения воздействия УФ-излучения естественного и искусственного происхождения.

В зависимости от географической широты, времени года и суток, концентрации озона в атмосфере, облачности, атмосферных загрязнений и других факторов на человека в полдень воздействует УФ-излучение с длиной волны 290 нм в центральном регионе нашей страны и с длиной волны более 295 нм в большинстве регионов земного шара. Воздействие солнечного УФ-излучения ограничивается родом занятий, одежды, социально-бытовыми привычками, положением тела в пространстве. Максимальное количество УФ-излучения, которое может оказывать биогенное воздействие на человека в течение дня равно $2 \cdot 10^4$ мкэр·ч/м². Профилактическими мерами являются рациональный режим труда, солнцезащитная одежда и средства.

Защитные меры включают средства отражения УФ-излучений (экраны) и средства индивидуальной защиты кожи и глаз. Для защиты используются физические и химические защитные экраны. Физические — разнообразные преграды, загораживающие или рассеивающие свет; химические — защитные кремы, содержащие поглощающие ингредиенты. Защитная одежда должна иметь длинные рукава и капюшон. Однако следует помнить, что одежда часто создает ложное мнение о защищенности кожи, поскольку пропускает от 20 до 50 % УФ-излучения. Глаза защищают специальными очками со стеклами, содержащими оксид свинца, но даже обычные стекла не пропускают УФ-излучение с длиной волны короче 315 нм.

При использовании в производственном помещении сразу нескольких УФ-генераторов возникает отраженное действие на работников излучения, которое может быть значительно ослаблено окраской стен с учетом коэффициента отражения.

Тема 8. Влияние на организм человека электромагнитных полей и излучений (неионизирующих)

1. Электромагнитные поля радиочастот
2. Электрические поля промышленной частоты
3. Электростатические поля
4. Лазерное излучение
5. Излучения оптического диапазона

Методические рекомендации

Студентам необходимо усвоить, что естественные электромагнитные поля (ЭМП) являются постоянным компонентом окружающей человека среды. Это особая форма существования материи, создаваемая движущимися и неподвижными электрическими зарядами в воздушном пространстве. Основными параметрами ЭМП являются длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

Электромагнитная энергия используется при решении задач информационного характера в радиосвязи, телевидении, радиолокации, радиорелейной, космической связи. Применяется для плавки металлов, нагрева, сварки, термообработки пищевых продуктов, в радиоспектроскопии, в компьютерной технике, медицине. На железнодорожном транспорте источниками ЭМП являются системы ЛЭП и протяженные сети тягового электроснабжения при электротяге постоянного и переменного тока, тяговые и трансформаторные подстанции, посты секционирования, линии продольного электроснабжения напряжением от 0,25 до 35 кВ, многопрофильные линии связи и телемеханики, системы электрообеспечения на подвижном составе, рельсовые пути.

Необходимо уяснить, что для магнитного поля биологические ткани являются практически «прозрачными» и энергетически слабо взаимодействуют с ним. Биологический эффект обусловлен преобразованием электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую энергию, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно органов с плохой терморегуляцией (хрусталик, стекловидное тело, семенники и др.). Тепловой эффект зависит от физических параметров ЭМП: интенсивности и режима излучения, длины волны, продолжительности и характера облучения организма, площади облучаемой поверхности, анатомического строения органа.

Переменные и постоянные электрические и магнитные поля, воздействуя на организм человека, провоцируют у него возникновение таких профессиональных заболеваний как вегетативно-сенсорная дистония, гипоталамический синдром, катаракта. К действию ЭМП радиочастот особо чувствительна нервная система: нарушается выработка нейrogормонов, работа мозга, разрушается ткань эпифиза, развиваются депрессивные состояния, повышается риск возникновения болезни Альцгеймера.

При длительном воздействии электрических полей промышленной частоты отмечаются субъективные расстройства в виде жалоб невротического характера, обусловленные функциональными нарушениями в деятельности нервной, сердечно-сосудистой систем.

При воздействии электростатического поля вследствие протекания через тело человека слабого тока, возможны рефлекторные реакции, приводящие к травме.

Эффекты воздействия лазерного излучения (ЛИ) обусловлены тепловым, фотохимическим, ударно-акустическим действием. Наиболее уязвимым органом является глаз. При оценке биологического действия лазерного излучения различают прямое, отраженное и рассеянное лазерное излучение.

Инфракрасное излучение способно глубоко проникать в ткани и организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях, следствием чего являются ожоги кожи, глаз, катаракта. Излучение видимого диапазона при достаточных уровнях энергии также может представлять опасность для кожи и органов зрения.

Оптическое излучение в спектре ЭМИ занимает очень узкий диапазон, однако по физиологическому и гигиеническому значению оно занимает ведущее место. Нерациональное освещение отрицательно сказывается на функции зрительного анализатора, повышает его утомляемость, снижает остроту зрения, сужение полей зрения, вызывает аномалии рефракции, нарушает биологические ритмы, биохимические и иммунные реакции, вызывает изменения в нервной системе.

Ультрафиолетовое излучение, являясь жизненно необходимым фактором, при передозировке может привести к ожогам, а в случае комбинированного действия с некоторыми химическими соединениями к фотосенсибилизации и развитию фотодерматита.

В основе профилактики воздействий неионизирующих излучений лежит гигиеническая регламентация. ГОСТ 12.1.045-84 «Электрические поля. Допустимые уровни напряженности на рабочих местах и требования к проведению контроля», ГОСТ 12.1.040-83 «Лазерная безопасность. Общие положения», СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Тема 9. Медико-биологическая характеристика особенности воздействия ионизирующих излучений

1. Биологическое действие ионизирующих излучений
2. Последствия воздействия радиации на человека
3. Лучевая болезнь
4. Гигиеническое нормирование

Методические рекомендации

Студентам необходимо усвоить, что в настоящее время к сложившемуся за миллионы лет естественному фону стало добавляться излучение, обусловленное деятельностью человека. Наибольшую опасность для человека представляют радиоактивные излучения, такие как гамма-излучение, рентгеновское, нейтронное, альфа- и бета-излучение. Повреждающий эффект ионизирующего излучения (ИИ) зависит от их проникающей способности, т. е. от плотности ионизации в тканях. В основе тканевых и системных нарушений, вызванных ионизирующей радиацией, лежат первичные радиационные процессы, протекающие на клеточном, молекулярном уровнях, ведущие к нарушению нуклеинового обмена, проницаемости мембран, процессов физиологической и репаративной регенерации. Особенности биологического действия ИИ заключаются в отсутствии первичных ощущений, наличия скрытого периода проявления биологического эффекта, наличия эффекта суммирования поглощенных доз.

Необходимо уяснить, что при оценке биологической эффективности инкорпорированных радиоактивных изотопов, помимо их физической характеристики, важное значения имеют радиобиологические параметры: коэффициентов резорбции при аэрогенном, энтеральном и перекутанном путях поступления, прочности удержания в органах депонирования и скорости удаления из организма. Различают три группы индуцированных ионизирующим излучением эффектов: соматические (острая и хроническая лучевая болезнь, локальные лучевые поражения); стохастические (сокращение продолжительности жизни, лейкозы, опухоли) и генетические.

Среди лиц, имеющих производственный контакт с ионизирующим излучением возможны профессиональные заболевания лучевой болезнью в острой или хронической форме. Острая лучевая болезнь развивается после действия кратковременного (от секунд до трех суток)

интенсивного проникающего ИИ, превышающего среднюю поглощенную дозу 1 Гр. Острые местные лучевые поражения возникают при местном контакте облучения в дозе более 8 Гр обычно на коже рук. Хроническая лучевая болезнь развивается при длительном воздействии повреждающего фактора.

Медицинская профилактика указанных заболеваний состоит в предварительных и периодических медосмотрах, приеме антидотов. Основная цель радиационной защиты – это обеспечение безопасности от ИИ как отдельных лиц и их потомства, так и населения в целом. В нашей стране основными нормативными документами, регламентирующими уровни воздействия ИИ, являются: «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 2 июля 1999 г., и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ от 27 декабря 1999 г. В основе этих документов лежат следующие принципы радиационной безопасности: не превышение установленного дозового предела; исключение всякого необоснованного облучения; снижение излучения до возможно низкого уровня. Радиационная безопасность обеспечивается также техническими, санитарно-гигиеническими и медико-профилактическими мероприятиями.

Ионизирующее излучение

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 радиоактив-

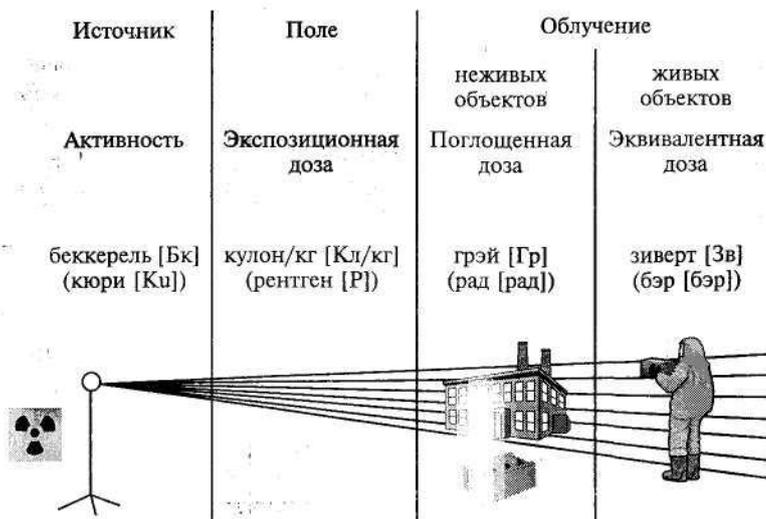


Рис. 5.11. Связь понятий «доза», «поле», «радиобиологический эффект» и единиц их измерения в системе единиц СИ и вне ее (кюри, рентген, рад, бэр — внесистемные единицы)

ные излучения, такие как γ -излучение, рентгеновское, нейтронное, α - и β -излучения.

Связь понятий и величин, характеризующих радиационную опасность, приведена на рис. 5.11. 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 степени радиационной опасности при хроническом облучении, называют коэффициентом качества (КК) излучения. Значения КК излучения для излучений различных видов приведены ниже:

Рентгеновское и γ -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 орга-

низма (табл. 5.17). 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;

165

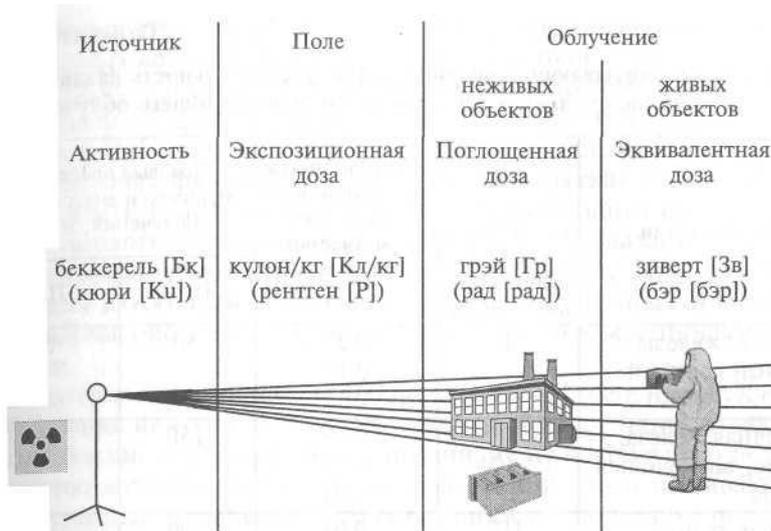


Рис. 5.11. Связь понятий «доза», «поле», «радиобиологический эффект» и единиц их измерения в системе единиц СИ и вне ее (кюри, рентген, рад, бэр — внесистемные единицы)

Таблица 5.17

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 1,00	300	30

• физико-химическая стадия (10^{-15} с), когда происходит пере распределение 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 нарушается нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ. В зависимости от поглощенной дозы и индивидуальных особенностей организма вызываемые изменения могут быть обратимыми и необратимыми. Особенности биологического действия ИИ.

1. Неосутимость действия на организм человека. У людей отсутствуют органы чувств, которые воспринимали бы ИИ. Поэтому человек может проглотить, вдохнуть радиоактивное вещество без всяких первичных ощущений и это свойство использовано для обнаружения ИИ различными дозиметрическими приборами.

2. Наличие скрытого (латентного) периода проявления биологического эффекта. Видимые поражения кожного покрова, недомогание, характерные для лучевой болезни, проявляются не сразу, а спустя некоторое время.

3. 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.

4. 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 органолах, 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. 5.18.

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

Таблица 5.18

Некоторые эффекты внешнего воздействия ионизирующих излучений на человека

Облучение	Доза (накопленная) или мощность дозы	Эффект
Однократное острое, пролонгированное, 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)
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 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:

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{биол}} + T_{1/2} T_{\text{биол}} / T_{1/2}.$$

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 иммуннозащитной 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 черныбыльской катастрофы на атомной электростанции.

Среди лиц, имеющих производственный контакт с ионизирующим излучением, зарегистрированы профессиональные заболевания лучевой болезнью в хронической и острой формах всего организма, 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 сут возможно удовлетворительное самочувствие больных. Длительность следующей фазы выздоровления, если приняты лечебные меры, длится 14 — 20 сут, 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 с 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 мес 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 ног-

ти, 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.

Таблица 5.20

Основные дозовые пределы, мЗв

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

Таблица 5.19

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	$6,25 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$8,25 \cdot 10^{-6}$

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 ус-

ловия 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. 5.19. В нашей стране основными нормативными документами, регламентирующими уровни воздействия ИИ, являются: «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 2 июля 1999 г., и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 27 декабря 1999 г.

В основе этих документов лежат следующие принципы радиационной безопасности: не превышение установленного дозового предела; исключение всякого необоснованного облучения; снижение излучения до возможно низкого уровня.

В НРБ выделены две категории облучаемых: персонал и население. Для каждой категории облучаемых лиц установлены три класса нормативов: основные дозовые пределы, допустимые уровни и контрольные уровни.

В зависимости от группы критических органов в качестве основных дозовых пределов устанавливаются предельно допустимая доза (ПДД) за календарный год или предел дозы (ПД) за календарный год.

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.

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. Их рекомендуется устанавливать ниже допустимых уровней и настолько низкими, насколько это достижимо на практике, с учетом конкретных условий производства.

Меры технического оздоровительного характера. Радиационная безопасность должна быть обеспечена техническими, санитарно-гигиеническими и медико-профилактическими мероприятиями, о чем свидетельствует Федеральный закон «О радиационной безопасности». В нем указаны предельные допустимые значения ИИ.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медико-библиографические основы взаимодействия человека со средой обитания: Учеб.пособ./Л.Л.Морозова; Под ред. С.В.Белова. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997. 49с.
2. Гигиена труда и промышленная санитарная: Монография/ А.А. Каспаров. М.: Медицина, 1977. 384с.
3. Справочник по инженерной психологии/ Под ред. Б.Ф.Ломова. М.: Машиностроение-

ние, 1982. 386с.

4. Вибрация в технике и человек / Ф.М. Диментберг, К.В. Фролов. М.: Знание, 1997. 160с.

5. Окно в мир звука / Б.П. Расторгуев. М.: Знание, 1997. 144с.