

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
аграрный университет»**

Кафедра безопасности жизнедеятельности  
и инженерной экологии

**Менякина А.Г.**

**Курс лекций  
«Медико- биологические  
основы безопасности»**

Учебное пособие для бакалавров  
Направление 280700 (20.03.01) Техносферная безопасность

Брянская область,  
2015

УДК 6149 (075.8)  
ББК 68.9:51.1 (2) 2  
М 51

**Менякина А.Г. Курс лекций «Медико-биологическим основам безопасности»:** Учебное пособие. / А.Г. Менякина. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2015. – 268 с.

Учебное пособие посвящено изучению реакций организма человека на воздействие вредных факторов окружающей среды, гигиенических нормативов вредных факторов среды и рекомендации по разработке превентивных мер, направленных на охрану здоровья работников.

Предназначено для студентов направления 280700 (20.03.01) «Техносферная безопасность» очной и заочной форм обучения, слушателей факультета повышения квалификации.

Рецензент: к.б.н., доцент кафедры кормления животных и частной зоотехнии И.В. Малявко

*Рекомендован к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета БГАУ, протокол № 10 от 6 июля 2015 г.*

© ФГБОУ ВО «БГАУ», 2015  
© Менякина А.Г., 2015

## Содержание

Введение	4
1 Лекция. Введение в дисциплину	6
2 Лекция. Виды взаимодействия человека со средой обитания. Естественные системы защиты человека	18
3 Лекция. Физиология труда и ее задачи	49
4.Лекции. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием микроклимата на организм человека	66
5 Лекция. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием атмосферным давлением и его влияние на организм человека	102
6 Лекция. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм механических колебаний	118
7 Лекция. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм акустических колебаний: шума, ультразвука и инфразвука	137
8 Лекция. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм неионизирующих излучений	167
9 Лекция. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм УФ и ИФ- излучения, ионизирующего излучения	189
10 Лекция. Основы промышленной токсикологии	217
11. Лекция. Вредные вещества и их воздействие на человека	237
12 Лекция. Сочетанное действие вредных факторов	254
Список литературы	266

## Введение

Характерной чертой современной науки и практики является их возрастающее взаимопроникновение, междисциплинарный подход к решению проблем. Медико-биологические основы безопасности - комплексная дисциплина, изучающая взаимодействие окружающей среды и человека. Она находится на стыке медицины и экологии, объединяя физику, химию, биологию, физиологию, гигиену, токсикологию, медицину труда. Объектом изучения медико-биологических основ безопасности жизнедеятельности является среда обитания, предметом - свойства среды, проявляющиеся во влиянии на здоровье человека, а целью - разработка профилактических мероприятий, обеспечивающих сохранение оптимального здоровья человека, долгой творческой активности. При изучении влияния окружающей среды на здоровье человека приоритетное значение придается факторам риска, непосредственно ведущим к возникновению заболеваний. Устранение (или ослабление) отрицательного воздействия фактора на здоровье людей достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, лечебно-профилактических мероприятий, систем жизнеобеспечения и непосредственно повышения устойчивости человека к неблагоприятному воздействию окружающей среды. Законодательную роль при этом играет гигиеническое нормирование факторов среды обитания. Данная дисциплина является одним из элементов экологического воспитания студентов, так как учит видеть зависимость между последствиями негативного влияния профессиональной деятельности на окружающую среду и здоровьем человека. Приоритетными направлениями при изучении данной дисциплины являются: выявление причинно-следственных связей и факторов, порождающих экологически и производственно обусловленные, профессиональные заболевания; предупреждение вышеперечисленных заболеваний на основе анализа, моделирования и прогнозирования неблагоприятных ситуаций в среде обитания человека; защита людей от экологически и производственно обусловленных заболеваний путем снижения техногенных и природных нагрузок со стороны среды обитания, а также использования лечебно- профилактиче-

ских мероприятий; информационное обеспечение и образование по вопросам гигиены окружающей среды.

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

## ЛЕКЦИЯ № 1. Введение в дисциплину

Вопросы:

1. Цель и задачи курса. Содержание курса, его связь с безопасностью труда, гигиеной и экологией.
2. Здоровье населения и окружающая среда.
3. Показатели здоровья населения; общая заболеваемость.
4. Здоровье матери и ребенка.
5. Психическое здоровье населения.

### **1. Цель и задачи курса. Содержание курса, его связь с безопасностью труда, гигиеной и экологией**

**Целью курса** «Медико-биологические основы безопасности» является формирование знаний о механизмах взаимодействия человека с факторами окружающей его среды; о последствиях воздействия травмирующих, вредных и поражающих факторов, о принципах их санитарно-гигиенического нормирования.

**Задача курса** – сформировать у будущих специалистов современное представление о травмоопасных и вредных факторах среды обитания, о воздействии их на человека, а также о санитарно-гигиенической регламентации для предупреждения профессиональных и иных заболеваний.

В процессе изучения дисциплины студенты должны знать:

- общие закономерности воздействия физических факторов на человека;
- концептуальные основы токсикологии;
- основные профессиональные и региональные болезни;
- задачи и принципы гигиенического нормирования опасных и вредных факторов.

Студенты должны уметь:

- оценивать и объяснять основные закономерности формирования и регуляции физиологических функций организма, подвергающегося воздействию различных неблагоприятных факторов окружающей среды;
- оценивать и объяснять комбинированное действие

нескольких вредных веществ, а также сочетанное действие на человека вредных веществ и физических факторов (шум, вибрация и т.д.).

Студенты должны получить навыки использования норм для различных вредных и травмоопасных факторов в конкретных условиях производства, быта.

Исходя из вышеизложенного видно, что изучаемый материал базируется на концептуальных основах многих наук, таких как гигиена, экология, сочетается с безопасностью труда. Они взаимосвязаны друг с другом, т.к. изучают воздействие на здоровье человека факторов естественного и техногенного характера, разрабатывают мероприятия, предупреждающие развитие профессиональных, соматических, инфекционных заболеваний, санитарно-гигиенические нормативы.

**Гигиена** (от греч. *Hygieinos* – здоровый) – область медицины, изучающая влияние условий жизни и труда на здоровье человека и разрабатывающая меры профилактики заболеваний, обеспечения оптимальных условий существования, сохранения здоровья и продления жизни. Гигиена, как наука, начала развиваться со 2-ой половины 19 в. В России основоположником гигиены считается А.П. Доброславин и Ф.Ф. Эрисман. Для изучения санитарного состояния внешней среды и ее влияния на организм человека, гигиена использует физические, химические, физиологические, токсикологические и др. методы. Гигиена включает в себя ряд самостоятельных разделов: коммунальная Г., Г. труда, детей и подростков, питания, социальная Г., военная, радиационная и др. Г.

Так, **коммунальная гигиена** изучает влияние на организм человека природных и социальных факторов в условиях населенных мест и разрабатывает гигиенические нормативы и санитарные меры для создания оптимальных условий проживания. Включает гигиену воздуха, воды, почвы, жилищ и др.

**Гигиена труда** изучает трудовую деятельность человека и производственную среду с точки зрения их возможного влияния на организм; разрабатывает меры и гигиенические нормативы, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение профессиональных заболеваний.

**Гигиена питания** изучает влияние на организм пищевых

рационов с различным содержанием питательных веществ, потребности организма в их количестве и оптимальное соотношение в зависимости от условий труда и быта; меры профилактики алиментарных заболеваний.

**Социальная Гигиена** изучает влияние социальных факторов на состояние здоровья населения. Социальная Г. – теоретическая основа организации здравоохранения.

**Экология** (от греч. oikos – дом, жилище, местопребывание и ... логия) – наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой. Объектами экологии могут быть популяции организмов, виды сообществ, экосистемы и биосфера в целом. В XX в. в связи с усиливающимся воздействием человека на природу экология приобрела особое значение как научная основа рационального природопользования и охраны живых организмов. В 70-х гг. 20 в. складывается **экология человека или социальная экология**, которая изучает закономерности взаимодействия общества и окружающей среды, а также практические проблемы ее охраны. Включает различные философские, социальные, экономические, географические и др. аспекты, например, экология города, техническая Э., экологическая этика и др. В этом смысле говорят об «экологизации» современной науки.

Экологические проблемы, порожденные современным общественным развитием, вызвали ряд общественно-политических движений, например, «зеленые», которые выступают против загрязнения окружающей среды и др. отрицательных последствий научно-технического прогресса.

Прежде, чем перейти к раскрытию сущности вопроса «здоровье населения и окружающая среда», следует определиться с такими понятиями как «здоровье», «болезнь», «профилактика». Эти понятия не могут трактоваться однозначно, т.к. каждое из них имеет большой перечень значений, который существенно отличаются друг от друга. Такое разнообразие в понимании сущности явлений и биологических процессов, происходящих в организме человека, и есть отражение неоднозначности самого человека. Процесс познания природы человека насчитывает более 2000 лет, который продолжается и сегодня. Однако чем больше наука накапливает знаний о человеке, тем



больше доказательств его многообразной природы. С одной стороны, человек – представитель животного мира, и его развитие как единой биологической системы подчиняется всем известным биологическим законам. С другой стороны, человек является представителем общества. В этом качестве проявляется его социальная сущность.

Таким образом, человек являет собой отражение биологической и социальной сути, которые находятся в диалектическом единстве и противоречии. Это происходит всегда, когда биологическое состояние зависит от социального, а социальное, в свою очередь, от биологического.

## **2. Здоровье населения и окружающая среда**

Как известно вся жизнедеятельность человеческого организма есть непрекращающийся процесс постоянного движения, направленный на поддержание количественно-качественных особенностей в организме человека. Причем, для дальнейшего самообновления и поддержания динамического равновесия организма нужны дополнительные вещества, энергия и информация, получить которые он может лишь при взаимодействии с внешней средой. Среда обитания человека, как определенная пространственно-временная организация его жизненно-важных факторов, является той системой, в рамках которой он может реально воспроизводить себя.

Здоровье человека обеспечивается гармоничной работой всех его органов. Все его компоненты взаимодействуют достижению полезных для организма результатов. Элементы системы, взаимодействуя между собой, определяют целостные свойства организма, которые отсутствуют у отдельных его частей. Не только целое здесь отражает свойства частей, но и части отражают свойства целого. "Эффект сложения", приводит к тому, что входящие в систему элементы определяются в зависимости от целого, от координации с другими ее элементами и ведут себя совершенно иначе, нежели в случае их независимости.

Заболевание организма поражает не отдельную его часть, а определенные ткани различных органов, и поэтому рассматривать человека необходимо как систему. К этому следует доба-

вить, что любое недомогание и болезнь должны рассматриваться в непосредственной взаимосвязи со средой обитания человека, поскольку для обеспечения своего нормального существования организм должен сохранять баланс между внутренней и окружающей средой. Поэтому лечение должно ставить целью приведение совокупностей внутренних органов к состоянию баланса как внутреннего, так и внешнего.

Глубокие всесторонние изменения среды обитания человека влекут за собой рост экологически обусловленного изменения здоровья населения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), воздействие химических веществ может являться ведущим фактором в развитии значительного числа болезней человека. Выяснено также, что структура заболеваемости в определенной мере зависит и от природных, в первую очередь - климатических условий, а также от вида промышленности, качественного состава выбросов и их концентрации в воздушном пространстве. При обсуждении вопросов общей экологии, в качестве интегрального показателя состояния природной среды была предложена биологическая продуктивность ландшафтов и ее соотношение с зональной их продуктивностью. В.А. Красилов (1992) предлагает производить оценку ухудшения состояния природной среды по комплексу следующих показателей, анализ которых позволяет выявить три состояния среды: неблагоприятное, кризисное и состояние экологического бедствия.

Неблагополучное состояние среды характеризуется, по его мнению, существенным отклонением параметров экосистем от нормального их развития в нетронутых условиях (от базового состояния). Наиболее показательным увеличением отношения продуктивности к биомассе, мортмассы (отмершего органического вещества) к биомассе, биомассы консументов к биомассе первичных продуцентов, при сокращении видового разнообразия.

Для обеспечения в полной мере оценки качества окружающей среды, следует рассматривать ее с позиций качества жизни и анализировать ее воздействие на здоровье человека. Поэтому коснемся еще раз вопроса качества природной среды или природной компоненты городской среды, если речь идет об высоко урбанизированных территориях. Очевидно также, что со-

стояние природной среды или ее компонентов является лишь частью такого сложного понятия, как качество жизни, определяющего степень благополучия или неблагополучия существования общества и каждого его члена.

В местностях, заселенных людьми, а также в городах, поселках, деревнях, везде, где живут люди, наивысшим, замыкающим показателем экологического благополучия является здоровье человека, здоровье людей, проживающих в данной местности, селе, городе. Однако, экологическое благополучие есть необходимое, но еще недостаточное условие обеспечивающее хорошее здоровье населения. Оно определяется также социальными и экономическими реалиями, уровнем медицинского обслуживания и рядом других факторов, лежащих вне экологической проблематики.

В работе "Окружающая среда и здоровье человека" представлены следующие основные исходные положения:

1. Здоровье человека находится в определенных взаимосвязях с окружающей его средой.

2. При оптимально развивающихся взаимосвязях и взаимоотношениях человека со средой обитания, его здоровье стремится к норме, а среда воспринимается, как "здоровая". Это условия равновесия или гомеостаза. В которых человек может успешно осуществлять свои биосоциальные функции.

3. Если эти взаимосвязи и взаимоотношения сопровождаются отклонениями состояния здоровья человека от нормы, выражающиеся, в частности, в форме болезней, то среда оценивается, как нездоровая.

4. Если эти взаимоотношения складываются таким образом, что человек не может выполнять своих биосоциальных функций, а жизнь в подобных условиях становится невозможной, среда оценивается, как экстремальная.

Понятно, что здоровье человека отнюдь не всегда зависит напрямую от состояния окружающей среды. На него оказывает также влияние образ жизни, наследственность, какие-то факторы, воздействовавшие в прошлом. И, тем не менее, в статистических оценках, здоровье общества безусловно является отражением и важнейшим интегральным показателем состояния окружающей среды урбанизированных территорий. Иначе мож-

но сказать так: при хорошем экологическом состоянии территории может состояться хорошее здоровье населения, при плохом - не может. Следовательно, ссылаясь на здоровье людей, как на высший показатель экологического благополучия территории, следует оговориться: здоровое общество всегда указывает на здоровую экологическую обстановку, нездоровое - на возможность существования неблагоприятных экологических условий.

Отталкиваясь от обратного, можно утверждать, что на экологическом неблагополучии, на разрушенной природе здорового и счастливого общества построить нельзя и никаких альтернатив здесь нет. Компенсация разрушенной природы в форме строительства дополнительных больниц, санаториев, здравпунктов, что подчас выдается как благо цивилизации, лишь усугубляет социальную напряженность и многие другие негативные процессы, отрицательно сказывающиеся на здоровье людей.

Еще несколько слов о здоровье. Понятие здоровья включает в себя сохранение и развитие биологических, физиологических и психологических процессов, трудоспособности и социальной активности, продуктивности труда, максимальной продолжительности жизни. Изменения, происходящие в окружающей среде, индуцируются в здоровье человека через реализацию его биологических, социальных или духовных потребностей, возможность удовлетворения которых в равной мере определяется внешними причинами и внутренним состоянием человека. Эти изменения могут найти отражение в таких показателях степени благополучия общества, как рождаемость, смертность, в том числе - детская, средняя продолжительность жизни, частота и структура заболеваний.

Многочисленными наблюдениями показано, что структура и частота заболеваемости находится в прямой зависимости от качества среды обитания человека и, в частности, от состава промышленных выбросов. По крайней мере 20 миллионов советских граждан получили высокую дозу облучения и погибли уже десятки тысяч людей. Но Чернобыль - не единственный объект рассеивания радионуклидов. Есть еще комбинат «Маяк» на Южном Урале, Горнохимический комбинат под Красноярском, Семипалатинский полигон в Казахстане, простирающийся свое влияние в Алтайский край России, острова Новой Земли с их

военным ядерным полигоном свалками и сливами радиоактивных отходов в окружающие морские акватории, бессчетные "мелкие" ядерные объекты, связанные с субмаринами, мирными атомными взрывами в хозяйственных целях.

### **3. Показатели здоровья населения; общая заболеваемость**

Как уже говорилось, что на здоровье населения влияет комплекс социальных факторов, взаимосвязанных между собой и зависящих от социально-экономического развития государства. Важнейшими социально-гигиеническими проблемами являются проблемы труда и быта. Здесь наряду с изучением основных элементов быта – заработок, жилище и питание – встает актуальная задача в организации рационального отдыха, спорта, физкультуры, правильного расходования свободного времени, искоренение вредных бытовых привычек и традиций (переедание, курение, злоупотребление алкоголем, наркотиками и др.).

Уровень и состояние здоровья населения характеризуются следующими показателями: заболеваемость, физическое развитие, смертность. Эти показатели имеют важное значение для работы органов и учреждений здравоохранения. При этом нужно располагать данными о численности и плотности населения, о возрастном, половом, профессиональном его составе, а также показателями воспроизводства населения и миграции.

**Физическое развитие** является важным показателем состояния здоровья населения. Ф.Р. – показатель роста и формирования организма и подчиняется и биологическим законам, и сложному комплексу социальных условий. Выявляется путем основных антропометрических и физиометрических изменений обследуемых: роста, массы тела, окружности грудной клетки, жизненной емкости легких, мышечной силы и отложения жира, уровень артериального давления, пульса и др.

Важнейшее значение в изучении состояния здоровья населения имеет **учет заболеваний и оценка степени распространенности их в разных группах населения**. Эти данные представляют ценный материал для текущей работы медицинского персонала, для проведения лечебно-оздоровительных мероприятий и др. Различают следующие понятия:

1) **собственно заболеваемость** – это вновь возникшие заболевания у населения в данном году;

2) **распространенность** (болезненность) – все заболевания как вновь выявленные, так и перешедшие с прошлого периода на данный момент за определенный период.

3) **общая заболеваемость** имеет собирательное значение и включает в себя все случаи различных заболеваний как с потерей, так и без потери трудоспособности. В общую заболеваемость включаются заболевания всех контингентов населения, начиная с новорожденных и кончая стариками. Для полноты картины общую заболеваемость изучают как по материалам обращаемости населения за мед. помощью в амбулаторно-поликлинические учреждения, так и по материалам госпитализации, диспансеризации и др.

#### 4. Здоровье матери и ребенка

**Охрана здоровья матери и ребенка** – комплексная санитарно-гигиеническая проблема. Сложность ее решения определяется прежде всего анатомо-физиологическими особенностями женского и детского организма. У женщин они связаны с детородной функцией, у детей – с ростом и физическим развитием. Для этих групп населения характерны особые закономерности заболеваемости и смертности. Все это требует создания специальных медицинских учреждений для матери и ребенка со специфическими формами и методами работы. Социально-гигиенические исследования в области охраны здоровья матери и ребенка показывают, что социально-экономические условия жизни населения – материальная обеспеченность, жилище, труд, отдых, образование, культура, обычаи, питание и др. – и тесно связанные с ними законодательство, наличие учреждений по охране материнства и детства и их деятельность прямо или косвенно влияют на здоровье и численность будущего поколения. Таким образом, охрана материнства и детства является не только медицинской задачей, но и серьезной социальной проблемой.

## 5. Психическое здоровье населения

Психическое благополучие - это третий показатель здоровья населения (50%), от которого напрямую зависит образ жизни. Долгое время ценности личности, в том числе и здоровье, не были приоритетными в нашем обществе. Личность здоровая физически, психически и социально как правило всегда способна противостоять любому не запредельному воздействию внутренних и внешних факторов, бороться и побеждать трудности и препятствия, достигать реальных поставленных целей. Если учитывать, что в социальной составляющей здоровья решающую роль имеет психическая компонента, то здоровье следует понимать как системную целостную гармонию души и тела при определяющем влиянии состояния души на здоровье телесное. Человек имеет две составляющих – душевое и телесное. При этом следует учитывать, что душа как материальный носитель имеет два проявления: дух (словесная, умственная – источник мыслей страстных и добродетельных (от Бога – ангел-хранитель, от демонов и от самого человека), нравственная часть души – отношение к добру и злу). В зависимости от духовного состояния человека происходит сочетание либо с духом Божьим, либо с духом зла. Душа – это степень преобладания добра над злом в человеке, измеряющаяся его греховностью (страстностью). Общась с кем-либо, мы воспринимаем дух этого человека. Дух животворит, он помогает душе; психика (мир психических явлений). Грех – это вред, порча, повреждение самому себе. Повреждение может быть только исцелено, или не исцелено, но не прощено. Человек возгордился и отделил себя от Бога (сласто-, славо-, сребролюбие), совершил первородный грех, повреждение себе. Это привело к изменению природы человека (хочу одно, а делаю то, к чему влекут страсти) – тело было материальным и духовным, стало – дебелим (страстность – болезни, тленность – старение, смертность). Родовое повреждение (родовой грех) приобретает предками и передается по наследству, если не исцелилось. Индивидуальный грех приобретает людьми в течении жизни. Повреждение души ведет к повреждению тела. Отсюда становится особенно ясной решающая роль духовности человека в его здоровье. Целомудрие – такая

мудрость, которая ведет к целостности внутренней жизни – духа и тела. Поэтому предотвратить или излечить болезнь – значит воздержаться от грехов или исцелиться от них праведной жизнью и покаянием. (см. Болезнь и понятие греха в православии). Состояние души осознается, переживается человеком через его эмоции, поэтому психическое благополучие проявляется через благополучие эмоциональное - это чувство внутреннего удовлетворения от гармонии между потребностью и её удовлетворением, от победы добра над злом. Именно эмоции отражают состояние гармонии или дисгармонии человеческой души в её постоянной борьбе добра со злом. Не следует забывать, что понятия добра и зла субъективны и социальны, с этой точки зрения психически благополучным может быть и злодей! Эмоции - один из главных механизмов внутренней регуляции поведения и деятельности, они определяют душевное здоровье, адаптацию, работоспособность и успех всей жизнедеятельности человека. Эмоциональное поведение возникает за пределами оптимума мотивации. Эмоция (от лат. *emovere* - потрясаю, волну) — субъективное переживание чувств человеком, его отношения к окружающему миру и самому себе, субъективная реакция на внутренние (мотивации) и внешние раздражения, на удовлетворение или нет потребностей, проявляющаяся полярно в виде удовольствия или неудовольствия (гордость – великодушие, любовь - ненависть, отвага - страх, радость - гнев, эйфория - тоска, надежда - разочарование и т.д.). В эмоциях отражается субъективная оценка значимости происходящего для человека, они могут быть или отсутствовать, выражены внешне или внутренними, скрытыми от окружающих, могут быть управляемы или нет, временными или постоянными, сильными или незначительно выраженными, могут быть положительными или отрицательными. Среди эмоций выделяют: Настроение — это длительное эмоциональное состояние, эмоциональный фон. У здорового человека настроение обычно оптимистическое. Аффект — сильное, неуправляемое волей, непродолжительное состояние, возникает в экстремальных условиях, когда человек не справляется с ситуацией. Фрустрация (непреодолимое препятствие) — состояние растерянности, незнания, что нужно делать. Страсть – сильная, стойкая, всеохватывающая эмоция, доминирующая над



другими и побуждающая к действию (потребность, мотив). Это искаженная, извращенная добродетель (гнев может быть праведным и греховным), паразитирующая на изначальном добре человека. Это не только возжелание и гнев, но также дружба, мужество, радость (они ни добры, ни злы, их надлежит разумно использовать).

Если вероятность удовлетворения потребности высокая, то возникают положительные эмоции, если низкая — отрицательные эмоции.

Таким образом, в настоящее время здоровье рассматривается как сложный, многоуровневый феномен, в структуре которого можно выделить следующие компоненты:

Физический – предполагает соматический аспект рассмотрения здоровья, обращается к организмическому уровню. Физическое здоровье – состояние организма человека, характеризующееся возможностями адаптироваться к различным факторам среды обитания, уровнем физического развития, физической и функциональной подготовленностью организма к выполнению физических нагрузок. Распространен взгляд на физическое здоровье как на соответствие параметров организма неким нормальным показателям: нормальная температура, нормальное кровяное давление, нормальная электрокардиограмма и т.д. Также необходимо учитывать резерв организма, который может актуализироваться в экстремальных условиях. От количества резерва организма, который может быть увеличен за счет тренировки, зависит его сопротивляемость болезням и старости.

Психический – включает представление о душевном здоровье, рассматриваемом как отсутствие психопатологических проявлений. Психическое здоровье предполагает способность человека различать события внешней реальности и внутреннего мира, адаптироваться к социальной среде, включая следование общественным нормам, гибко реагировать на ее изменения. Также оно включает способность человека к целостному восприятию себя и других людей и возможность на этой основе устанавливать глубокие, длительные отношения привязанности.

Социальный – предполагает рассмотрение социальных факторов как формирующих представления о здоровье; определяет здоровье как общественное явление (здоровье различных

социальных групп). Социальное здоровье – характеристика такого здорового общества, где минимален уровень «социальных болезней». В это понятие входят такие факторы как: социальная значимость распространенных в обществе заболеваний и причиняемый ими экономический ущерб, влияние общественного устройства на причины возникновения болезней, характер их протекания и исход, оценку биологического состояния определенной части или всей популяции на основе интегрированных статистических показателей. Благополучие популяции обусловлено эффективным функционированием всех сторон общества.

Психологический, духовный – включает здоровье как индивидуально-психологический феномен и опосредуется системой ценностей личности, в т.ч. морально-нравственными и религиозными. Психологическое здоровье отражает и обуславливает способность человека ставить принципиально достижимые смыслообразующие цели и реализовывать их, осуществляя саморегуляцию и согласовываясь с требованиями социокультурной и природной среды. Путь к духовному здоровью – это путь к интегральной личности, способной справляться с внутриличностными конфликтами, составляющими вектор личностного развития. Интегрированность личности, т.е. ее целостность, проходит путь от самого нижнего уровня: адаптированности, к среднему уровню – психологической устойчивости, до высшего уровня – гармонии личности.

## **Лекция № 2. Виды взаимодействия человека со средой обитания. Естественные системы защиты человека**

Вопросы:

1. Общие понятия о взаимосвязи человека с окружающей средой.
2. Сенсорное и сенсорно-моторное поле.
3. Совместимость человека и природы, человека и технической системы: информационной, биофизической, энергетической, технико-эстетической.
4. Естественные системы защиты человека.

## **1. Общие понятия о взаимосвязи человека с окружающей средой**

Как известно вся жизнедеятельность человеческого организма есть непрекращающийся процесс постоянного движения, направленный на поддержание количественно-качественных особенностей в организме человека. Причем, для дальнейшего самообновления и поддержания динамического равновесия организма нужны дополнительные вещества, энергия и информация, получить которые он может лишь при взаимодействии с внешней средой. Среда обитания человека, как определенная пространственно-временная организация его жизненно важных факторов, является той системой, в рамках которой он может реально воспроизводить себя.

Специфическим для живых тел является то, что в них отдельные реакции, определённым образом организованные во времени, сочетаются в единую целостную систему, и весь этот порядок закономерно обуславливает самосохранение, устойчивость и самовоспроизведение всей жизненной организации в целом в данных условиях внешней среды. Человеческий организм как раз и является живой системой, а его реакции являются системой, организованной различными совокупностями внутренних органов и находящейся в непосредственной взаимосвязи и балансе с окружающей средой.

Открытые системы рассматриваются, как системы, которые могут обмениваться с окружающими телами энергией, веществом и что, не менее важно, информацией. Условием развития живых организмов является их взаимодействие с окружающей средой. Открытая система всегда динамическая (в силу её открытости): в ней непрерывно происходят изменения, и, естественно она сама подвержена изменениям. Благодаря сложности данных систем в них возможны процессы самоорганизации, которые служат началом возникновения качественно новых и более сложных структур в ее развитии. Исследуя организм как открытую систему характерно целостное рассмотрение, установление взаимодействия составных частей или элементов совокупности.

При изучении сложных самоорганизующихся систем (са-

моорганизуемая система — система способная изменять свои функции и строение в зависимости от задач и внешних условий), необходимо сделать акцент на их внутренние свойства как на источник саморазвития. Главное, что определяет систему, — это взаимосвязь и взаимодействие всех его частей в рамках одного целого. Организм представляет собой совокупность огромного количества систем разного уровня — метаболических, гомеостатических и т.д. Здоровье человека обеспечивается гармоничной работой всех его органов. Все его компоненты взаимодействуют достижению полезных для организма результатов. Элементы системы, взаимодействуя между собой, определяют целостные свойства организма, которые отсутствуют у отдельных его частей. Не только целое здесь отражает свойства частей, но и части отражают свойства целого. "Эффект сложения", приводит к тому, что входящие в систему элементы определяются в зависимости от целого, от координации с другими ее элементами и ведут себя совершенно иначе, нежели в случае их независимости.

Глубокие всесторонние изменения среды обитания человека влекут за собой рост экологически обусловленного изменения здоровья населения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), воздействие химических веществ может являться ведущим фактором в развитии значительного числа болезней человека. Выяснено также, что структура заболеваемости в определенной мере зависит и от природных, в первую очередь - климатических условий, а также от вида промышленности, качественного состава выбросов и их концентрации в воздушном пространстве. При обсуждении вопросов общей экологии, в качестве интегрального показателя состояния природной среды была предложена биологическая продуктивность ландшафтов и ее соотношение с зональной их продуктивностью. В.А. Красилов (1992) предлагает производить оценку ухудшения состояния природной среды по комплексу следующих показателей, анализ которых позволяет выявить три состояния среды: неблагоприятное, кризисное и состояние экологического бедствия.

## 2. Сенсорное и сенсомоторное поле

Любая взаимосвязь человека со средой обитания определяется деятельностью человека. Деятельность – это динамическая система взаимодействия субъекта с миром. В процессе взаимодействия происходит возникновение психического образа и его воплощение в объекты, а также реализация субъектом своих отношений с окружающей реальностью. В осуществлении деятельности задействованы все компоненты иерархической структуры человека: физиологический, социальный и психический. Но единство физиологического и психического не является единственным условием деятельности. Деятельность была бы невозможна, если бы не было единства вышеперечисленных процессов и движения. Связь различных психических с движениями и деятельностью человека И.М. Сеченов назвал психомоторикой. Кроме того, что существует сфера приложения наших усилий, для осуществления сознательного движения необходима сфера, из которой мы черпаем информацию. Данную сферу принято называть сенсорным полем.

Прежде чем перейти к данному вопросу, следует коснуться строения головного мозга. Борозды и извилины коры большого мозга увеличивают ее поверхность без увеличения объема полушарий, что актуально в ограниченном пространстве нашего черепа. Кроме того, самые крупные борозды еще и «делят» каждое полушарие нашего мозга на четыре доли: лобную, теменную, затылочную и височную.



Рис. 1. Зоны коры головного мозга

Но, кроме такого вот географического, а точнее топографического деления, кору головного мозга принято еще разграничивать и по функциональному признаку. Каждая из наших сенсорных систем, например, зрительная, слуховая, осязательная, отправляет свою информацию в определенные участки коры. Так же свой участок коры выделен для контроля движения частей тела - т.е. моторных реакций. Остальная же часть коры, не являющаяся ни сенсорной, ни моторной, выделена под ассоциативные зоны, которые отвечают за память, мышление, речь, и занимают, кстати, большую часть мозговой коры. Таким образом, по своим функциям участки коры делятся на **сенсорные, моторные (двигательные) и ассоциативные зоны**.

Конечно же, сенсорные и моторные зоны располагаются на обоих полушариях, но есть и такие функции, которые представлены только на одной, как правило, левой стороне мозга (у правшей речевые центры действительно расположены в левом полушарии, а вот у **левшей** - в правом). К ним относятся зона Брока и зона Вернике, участвующие в порождении и понимании речи, а так же угловая извилина, соотносящая зрительную и слуховую формы слова.

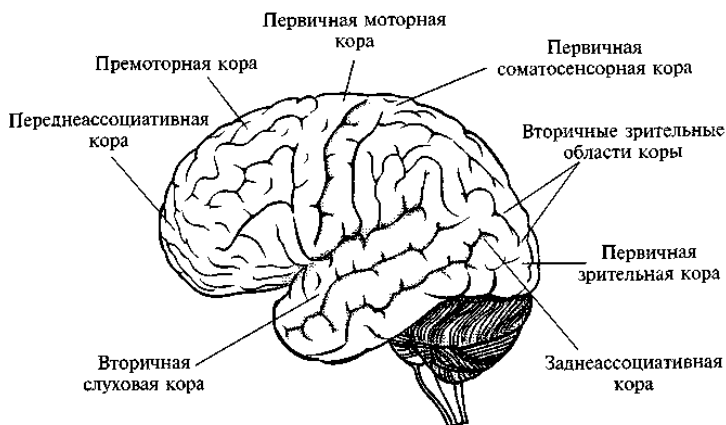


Рис.2. Сенсорные, моторные и ассоциативные области коры больших полушарий коры головного мозга

Но, есть и другое разделение коры головного мозга - так называемая карта **полей Бродмана**. В 1903 году германский анатом, физиолог, психолог и психиатр К. Бродман опубликовал описание пятидесяти двух **цитоархитектонических полей**, которые представляют собой участки коры головного мозга, различные по своему клеточному строению. Каждое такое поле отличается по величине, форме, расположению нервных клеток и нервных волокон и, конечно же, различные поля связаны с различными функциями головного мозга. На основании описания этих полей и была составлена карта полей Бродмана (рис.3).

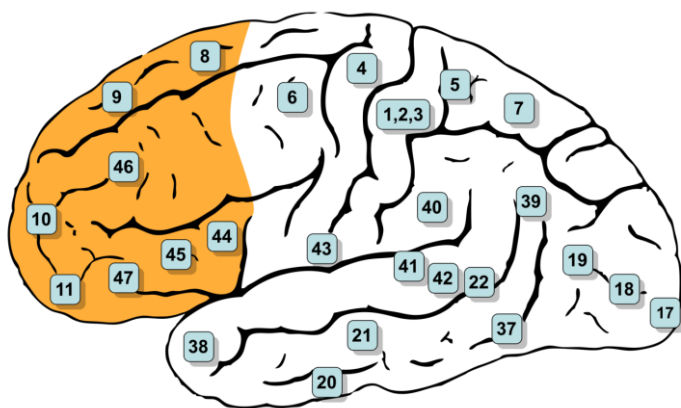


Рис. 3. Карта полей Бродмана

**Моторная зона.** Моторная зона уютно расположилась как раз перед центральной бороздой (поля 4,6,8) и занимается тем, что контролирует произвольные движения тела. Причем, большие участки этой зоны регулируют сокращения мышц пальцев рук, губ и языка, осуществляющие многочисленные и очень тонкие движения (например, речь, письмо, игра на фортепиано). А вот мышцам спины, живота и нижних конечностей, участвующим в поддержании позы и осуществлении менее тонких движений, отведена лишь небольшая область двигательной зоны.

Наше тело представлено в моторной зоне как бы в перевернутом виде, т.е., например, за движения ног отвечает верхняя часть зоны, а за движения глаз или губ - нижняя. Кроме того,

движениями правой части тела управляет моторная кора левого полушария, а движениями левой части - моторная кора правого полушария. Электрическая стимуляция определенных участков моторной коры заставляет двигаться соответствующие части тела, соответственно, если эти же участки моторной коры повредить, то и движения нарушатся.

### **Сенсорные зоны.**

В теменной зоне, отделенной от моторной зоны центральной бороздой, (поля 1,2,3,5,7) находится участок, отвечающий за прием сигналов от рецепторов поверхности кожи тела человека, которая называется **соматосенсорной зоной**. Именно здесь происходит определение места и силы раздражения на поверхности тела, здесь же происходит различение местоположения и силы двух одновременно наносимых раздражителей, (так называемая дискриминация) и именно здесь же определяется и само качество раздражителя: острота, шероховатость, температура, т.е. ощущения тепла, холода, прикосновения, боли и ощущения движений тела.

Интересно что, как и в моторной зоне, на верхние отделы соматосенсорной зоны выведены рецепторы кожи нижних конечностей, на средние - туловища, на нижние отделы - рук, головы и т.д. Причем, так же как и в моторной зоне, правая часть мозга «чувствует» левую сторону нашего тела, ну, а левая - правую. Кроме того, как и в моторной, наибольшую поверхность соматосенсорной зоны занимают рецепторы рук, голосового аппарата и лица, а меньшую часть - рецепторы туловища, бедер и голени.

Именно поэтому ученые и считают, что размер соматосенсорной или моторной зоны, связанной с определенной частью тела, напрямую зависит от ее чувствительности и от частоты ее использования, причем эта зависимость наблюдается не только у человека, но и у животных. Например, у собаки передние лапы представлены только на очень небольшом участке коры, а вот у енота, который очень активно пользуется передними лапами для изучения окружающего мира, полоскания белья, и прочих уборочных мероприятий, соответствующая зона значительно больше, и в ней даже есть участки для каждого пальца лапы. Да и у крыс, получающих много информации с



помощью чувствительных усиков, то же имеется свой участок коры для каждого отдельного уса.

В задней части каждой затылочной доли есть участок коры (17,18,19 поля Бродмана), называемый **зрительной зоной**. Как-то неожиданно, но, тем не менее, то, что мы видим, глазами, т.е. спереди, «отражается» у нас на затылке, т.е. сзади. *Причем*, каждый зрительный нерв делится в области основания мозга на две половины, одна из них идет к своей половине мозга, а другая - к противоположной (т.е. образует неполный перекрест).

Получается, что волокна от правых сторон обоих глаз идут в правое полушарие мозга, а волокна от левых сторон обоих глаз идут в левое полушарие. Поэтому, удаление или повреждение зрительной зоны на одной половине мозга вызывает слепоту на одной половине каждого глаза. Этим фактом умело пользуются медики, устанавливая местоположение опухоли мозга и других аномалий, в зависимости от того, какая часть глаза не видит.

Так вот, центральный зрительный путь заканчивается в поле 17, и сообщает о наличии и интенсивности зрительного сигнала. А уже в полях 18 и 19 анализируются цвет, форма, размеры и качества предметов, причем поражение поля 19 коры большого мозга приводит к тому, что больной видит, но не узнает предмет – так называемая зрительная агнозия, при этом утрачивается еще и цветовая память.

**Слуховая зона.** Слуховая зона находится на поверхности височных долей обоих полушарий (поля 41, 42, 22) и участвует в анализе сложных и не очень сложных слуховых сигналов. Именно здесь выделяется громкость, высота, тембр звука, определяется местоположение его источника, направление движения, изменение расстояния от источника, речеподобность по звучанию и многое-многое другое.

Оба наших уха имеют свои «официальные представительства» в обоих полушариях за счет того, что слуховые нервы, так же как зрительные, частично идут к «своему» полушарию, но, все же, большая их часть, перекрещиваясь, направляется в противоположные уху участки слуховой зоны коры. Так что и тут - левое ухо, в основном, слышит правое полушарие, а правое - левое.

Ну, и, конечно же, при разрушении 22 поля - возникают слуховые галлюцинации, сопровождающиеся нарушением слуховых ориентировочных реакций, музыкальная глухота и прочие неприятности, а при разрушении 41 поля – даже корковая глухота.

Другие же сенсорные функции, такие как **вкус, обоняние, чувство равновесия**, в меньшей степени представлены в коре головного мозга. **Обонятельная система** располагается в 34 поле Бродмана, и ее повреждение вызывает обонятельные галлюцинации. **Вкусовая зона** соседствует с обонятельной и обособилась на 43 поле, поэтому обоняние и вкус очень тесно между собой взаимосвязаны.

### **Ассоциативные зоны**

Как уже говорилось, в коре нашего мозга есть много обширных и бескрайних зон, не связанных непосредственно с сенсорными или моторными процессами. Они называются ассоциативными зонами и занимают около 80% территории коры.

Каждая такая ассоциативная область коры тесно связана сразу же с несколькими проекционными (сенсорными или моторными) зонами. Поэтому и считается, что в ассоциативных областях происходит ассоциация (а попросту соединение или совмещение) разносенсорной информации, в результате чего и формируются сложные элементы нашего сознания.

Наибольшие места скопления и обитания ассоциативных областей у человека обнаружены **в лобной, затылочно-теменной и височной и областях**.

Вообще, каждая проекционная область коры, будь то сенсорная или моторная, окружена ассоциативными областями, причем нейроны этих областей чаще **полисенсорны**, т.е. умеют реагировать на различные сигналы, поступающие от слуховой, зрительной, кожной и других систем. И вот именно эта вот полисенсорность нейронов позволяет им объединять сенсорную информацию и организовывать и координировать взаимодействие сенсорных и моторных областей коры.

Итак, **лобные доли** являются ответственными за осуществление высших психических функций, которые проявляются в формировании личностных качеств, разнообразных творче-

ских процессов и влечений.

При повреждении лобных отделов коры большого мозга, резко нарушается построение целенаправленного поведения, основанного на предвидении. Например, у обезьян, повреждение этих самых лобных долей нарушает их способность решать задачи с отсроченной ответной реакцией. Например, на глазах больной обезьянки поместили еду в одну из двух чашек, затем накрыли одинаковыми предметами. Затем между обезьяной и чашками поставили ненадолго непрозрачный экран. Потом экран убрали и дали обезьянке выбрать одну из этих чашек. Так вот, нормальная обезьяна запомнит нужную чашку после задержки в несколько минут, а вот больная, с поврежденными лобными долями, увы, не сможет решить эту задачу, если задержка превысит всего то несколько секунд. Это и будет отсроченная ответная реакция, а точнее - ее отсутствие, т.е. такие обезьяны просто-напросто не запоминают то, что было совсем недавно из-за «поломки» нужных нейронов в лобных долях.

**В теменной** ассоциативной области коры формируются субъективные представления об окружающем пространстве, о нашем теле. Это становится возможным благодаря соединению и сопоставлению соматосенсорной (чувствительной), проприоцептивной Проприоцепция - способность воспринимать положение и перемещение в пространстве собственного тела, ну или отдельных его частей и зрительной информации.

При повреждении наружной поверхности затылочной доли, не проекционной, а ассоциативной зрительной зоны, зрение сохранится, но тут же наступит расстройство узнавания – так называемая зрительная агнозия. Такой человек, будучи абсолютно грамотным, не сможет прочесть написанное, и будет в состоянии признать знакомого человека только после того, как тот заговорит.

**В височной** коре расположен слуховой центр речи Вернике, находящийся в задних отделах верхней височной извилины (поля 22, 37, 42 левого полушария). Эта зона асимметрична - у правшей она находится в левом, а у левшей – в правом полушарии.

Задача этого центра – распознавание и хранение устной речи, как собственной, так и чужой. При поражении слухового

центра речи человек может говорить, излагать устно свои мысли, но не понимает чужой речи, и хотя слух и сохранен - человек не узнает слов. Такое вот состояние называется *сенсорной слуховой афазией*. Такой человек часто много говорит (лого-рея), но речь его неправильная (аграмматизм), при этом наблюдается замена слогов и слов (парафазии).

Но, речевая функция связана не только с сенсорной, но и с двигательной системой. И такой вот двигательный центр речи у нас действительно имеется. Он расположен в заднем отделе третьей лобной извилины (поле 44) чаще всего левого полушария (опять же правши и левши) и был описан вначале господином Даксом в 1835 году, а затем уже господином Брока в 1861 году. При поражении моторного центра речи развивается *моторная афазия* - в этом случае человек понимает речь, но сам, увы, говорить не может.

В средней части верхней височной извилины (поле 22) находится центр распознавания музыкальных звуков и их сочетаний. А на границе височной, теменной и затылочной долей (поле 39) находится центр чтения письменной речи, обеспечивающий распознавание и хранение образов письменной речи. Поэтому поражения этого центра приводят к невозможности чтения и письма. Кстати, оба этих центра так же асимметричны и находятся в разных полушариях у левшей и правшей.

Так же в височной области расположено поле 37, отвечающее за запоминание слов. Люди с поражениями этого поля не помнят названия предметов. При этом они очень напоминают забывчивых людей, которым постоянно приходится подсказывать нужные слова. Такой человек, забыв название предмета, четко помнит его назначение и свойства, поэтому долго описывает его качества, объясняет, что делают с этим предметом, но назвать его не может. Ну, например, вместо слова «галстук» человек, глядя на него, говорит примерно следующее: «это то, что надевают на шею и завязывают специальным узлом, чтобы было красиво, когда идут в гости». Так же с височной корой связывают функцию памяти и сновидений.

### **3. Совместимость человека и природы, человека и технической системы: информационной, биофизической, энергетической, технико-эстетической**

Изучение взаимоотношений живых организмов (включая человека) со средой обитания требует привлечения методов и данных не только биологических, но и многих других наук — физики, химии, геологии, геохимии, географии, экономики и др. Интерес к экологическим проблемам особенно возрос, когда выяснилось, что практическая деятельность человека оказывает влияние на природные процессы в масштабах всей Земли. Загрязнение атмосферы, озер, рек и океанов, уничтожение естественного растительного покрова, вымирание многих видов животных, истощение почв и другие последствия производственной активности человека привлекли большое внимание к проблемам охраны окружающей среды и способствовали значительному расширению экологических исследований. Перед Э. встала задача создания научной основы рациональной эксплуатации биологических ресурсов, изучения изменений природы на Земле под влиянием деятельности человека, прогнозирования возможности и масштабов подобных изменений, а также разработки методов управления протекающими в биосфере процессами.

Многие проблемы современной экологии имеют тесную связь с медициной и носят ярко выраженный социально-гигиенический характер. Это связано с тем, что все возрастающие темпы изменений окружающей среды могут привести к нарушению экологического равновесия между человеком и средой его обитания. Так, вырубка лесов в таежной зоне нередко приводит к активизации природных очагов клещевого энцефалита, обводнение африканских саванн привело к распространению шистосоматоза, проникновение скотоводства в полосу тропических американских саванн способствовало размножению летучих мышей-вампиров, являющихся переносчиками возбудителей бешенства, и т. д.

В этих условиях одним из важнейших принципов рационального влияния на окружающую среду, производственную обстановку и условия быта в современную эпоху является гигиенический подход к комплексу профилактических мероприятий

экологического характера. Цель подобных мероприятий состоит в принципиальном совершенствовании всех форм производственной деятельности человека, способствующем улучшению и человеческого здоровья и состояния окружающей среды.

В связи с этим поставлены задачи по разработке методов оптимального управления крупными производственными объединениями, созданию мощных кондиционированных систем жизнеобеспечения на крупных предприятиях, оздоровлению ландшафта и разработке мер по ликвидации угрозы заражения человека различными заболеваниями. Это означает дальнейшее развитие знаний о природных очагах заболеваний, детальное изучение эпидемиологии возбудителей и переносчиков болезней, выявление наиболее уязвимых мест в структуре природного очага с целью воздействия на него, разработку мер по полному оздоровлению природных очагов.

Человечество уже знает немало примеров таких достижений. Знание эпидемиологии комаров, переносчиков малярии, позволило успешно провести борьбу с этим заболеванием в нашей стране и практически ликвидировать его. Создание плотин особой структуры, препятствующих выводу мошек, переносчиков онхоцеркоза, позволило ликвидировать ряд природных очагов этого заболевания. Разработка биологических методов борьбы (т.е. использование видов, являющихся хищниками или паразитами по отношению к переносчикам или возбудителям заболеваний) также стала возможна только на основе изучения особенностей жизнедеятельности организмов, являющихся переносчиками или возбудителями болезней человека.

Любой вид организмов в процессе своей жизнедеятельности обязательно изменяет среду вокруг себя. Все организмы без исключения приспосабливаются к меняющимся условиям среды, только одни более пластичны в этом отношении, другие - менее.

Один из сложноустроенных организмов на нашей планете и тоже непременный участник практически всех сообществ - человек. Он не является исключением из организменного мира. Этот вид животных изменяет свою среду обитания и тоже адаптируется к флуктуациям этой среды. Правда, в отличие от прочих видов он преобразует свою среду обитания очень сильно, предпочитая приспосабливать мир под себя, нежели изменяться

самому. Даже состав самой биосферы может заметно изменяться под влиянием деятельности людей. От перемен такого масштаба он, как и другие организмы, изменяется сам, приспосабливаясь к новым условиям. Однако его собственные изменения замедляются теми преобразованиями, которые он производит, сохраняя комфорт. Причем, человек - это единственный вид, который тормозит собственные адаптации, сознательно мешает их развитию.

#### **4. Естественные системы защиты человека**

Иммунитет – это уникальная способность организма самостоятельно защищаться от болезнетворных бактерий и вирусов, а так же уничтожать собственные мутировавшие клетки. Иммунная система представляет собой целый мир в нашем организме, образованный различными органами, тканями и клетками, объединенными одной целью – обнаружить и уничтожить внешние и внутренние потенциальные угрозы в нашем организме. Мало кто знает, но 10% всех наших клеток – это клетки иммунитета.

Впервые понятие «иммунитет» было предложено И.И. Мечниковым и Пастером. Изначально считалось, что иммунитет человека – это невосприимчивость организма к каким-либо инфекционным заболеваниям. Но сейчас давно уже известно, что иммунитет не только способен защищать весь организм от болезнетворных микробов, но и от любых генетически чужеродных клеток.

Иммунитет – это сложная система, включающая в себя разные органы и множество видов клеток. Защита организма осуществляется на многих уровнях и при условии правильной ее организации, то есть при условии здоровой и крепкой иммунной системы, человеку не страшны никакие болезни. К сожалению, на сегодняшний день абсолютный иммунитет существует лишь в теории, а на практике любому человеку требуется тот или иной вид иммунокоррекции. Чтобы знать алгоритм своих действий в разных случаях, нужно хорошо понимать структуру и виды иммунитета.

Виды иммунитета:

1. врожденный (видовой)
2. приобретенный:
  - естественный (активный и пассивный)
  - искусственный (активный и пассивный)

Врожденный иммунитет – наследуемый признак. Он может быть абсолютным (у собаки кроликов никогда не бывает полиомиелита) и относительным (голуби и куры при плохих условиях содержания могут заболеть сибирской язвой, которой они никогда не болеют в хороших условиях содержания) – менее прочный и зависит от внешних воздействий. Естественный приобретенный активный иммунитет возникает после перенесения инфекционного заболевания. Естественный приобретенный пассивный иммунитет обусловлен переходом антител из крови матери через плаценту в кровь плода (корь, скарлатина, дифтерия) – через 1-2 года антитела исчезают и восприимчивость к этим заболеваниям возрастает (вакцинация детей). Пассивным путем иммунитет передается с молоком матери. Искусственный приобретенный иммунитет воспроизводится человеком в целях предупреждения инфекции. Активный искусственный достигается путем прививки людям культур убитых или ослабленных микробов, токсинов, вирусов – вакцинация. Пассивный искусственный иммунитет воспроизводится путем введения человеку сыворотки, содержащей уже готовые антитела против микробов и их токсинов.

Механизмы иммунитета:

Иммунитет организма условно делится на два типа: неспецифический и специфический.

1. Неспецифический иммунитет, он же врожденный – это та защита, что передается нам с генами родителей. На этот тип иммунитета приходится более 60% всей защиты нашего организма. Его формирование начинается в середине первого триместра беременности с фагоцитов. Фагоциты – это клетки, способные поглощать чужеродные организмы. Создаются они из стволовых клеток, а в селезенке проходят «инструктаж», благодаря которому потом могут отличать своих от чужих. Другие клетки иммунной системы, включая и защитные, и информационные формируются в селезенке. Все они имеют белковую при-



роду, кроме тех углеводных соединений, которые отвечают за распознавание «вражеских» клеток. Неспецифический иммунитет действует просто и эффективно: обнаружив антиген (врага), он атакует его и уничтожает. Важной особенностью и миссией неспецифического иммунитета является его способность бороться с раковыми клетками, что означает невозможность изобретения вакцины против онкозаболеваний, поскольку вакцины отвечают за другой тип иммунитета.

Неспецифические (общие защитные приспособления, препятствующие проникновению микробов в организм):

1. неповрежденная кожа
2. уничтожение микробов с помощью естественных жидкостей (слюна, слеза, желудочный сок – лизоцим и соляная кислота)
3. бактериальная микрофлора (прямая кишка, влагалище)
4. гематоэнцефалический барьер (эндотелий капилляров головного мозга, защищающий ЦНС)
5. фагоцитоз – пожирание бактерий фагоцитами
6. очаг воспаления в месте проникновения микробов через кожу или слизистую оболочку
7. гормон интерферон – замедляет внутриклеточное размножение вирусов

2. Специфический иммунитет начинает формироваться в то же время, что и неспецифический, из того же материала – стволовых клеток. Однако позже их дороги расходятся: клетки неспецифического иммунитета отправляются в селезенку, а специфического – в вилочковую железу, или по-другому тимус. Там они становятся антителами к разнообразным заболеваниям. Чем с большим количеством микроорганизмов встречается иммунная система, тем большее количество антител имеется в ее арсенале для борьбы с разными болезнями и тем крепче становится специфический иммунитет. По этой причине дети, выросшие в условиях стерильности, болеют чаще, хоть это и звучит парадоксально.

специфические:

1. А – система – способность отличать свойства антигенов от свойств собственных белков организма. Это моноциты, которые поглощают антигены, накапливают их и передают сигнал исполнительным клеткам.

2. В – система – исполнительная часть – В – лимфоциты – после получения сигнала В – лимфоциты переходят в плазматические клетки, вырабатывающие антитела - иммуноглобулины, обеспечивающие развитие гуморального иммунитета

3. Т – система – Т – лимфоциты – после получения сигнала они переходят в лимфобласты, которые созревают в иммунные Т- лимфоциты, способные распознавать антигены

4. Виды Т – лимфоцитов:

5. Т – хелперы – помощники – помогают В – лимфоцитам переходить в плазматические клетки

6. Т – супрессоры – угнетатели

7. Т – киллеры – убийцы – уничтожают антигены

8. Т – система обеспечивает формирование клеточного иммунитета, предупреждающего возникновение опухолей.

К органам иммунной системы относятся: красный костный мозг, тимус, лимфоидная ткань стенок дыхательной и пищеварительной систем (миндалины, лимфатические узелки подвздошной кишки, червеобразный отросток).

Слаженная, хорошо регулируемая деятельность биологических защитных приспособлений организма позволяет ему без вреда для здоровья взаимодействовать с различными факторами внешней среды, в которой он существует и действует. Иммунное реагирование начинается сразу после проникновения чужеродного агента в организм, но только при прохождении через первую линию обороны иммунной системы. Неповрежденные слизистые оболочки и кожа сами по себе представляют значительные препятствия для болезнетворных микроорганизмов и сами вырабатывают много антимикробных веществ. Более специализированная защита включает высокую кислотность (рН – около 2,0) в желудке, слизь и подвижные реснички бронхиального дерева.

Диапазон безопасных воздействий среды ограничен спецификой вида и особенностями индивидуального человека, нормой адаптации индивида, его определенным фенотипом, т. е. совокупностью врожденных и приобретенных им в течение жизни свойств организма. Каждый человек наследует генетические признаки в разных объемах при сохранении генотипа в его определяющих чертах. Каждый человек в биологическом отно-

шении уникален потому, что в пределах определенных генотипов возможны отклонения некоторых конкретных признаков, создающих неповторимость каждого организма, следовательно, и индивидуальную норму его адаптации при взаимодействиях с разнообразными факторами внешней среды, в том числе и различие в уровне защиты организма от повреждающих факторов.

Если качество среды соответствует норме адаптации организма, его защитные системы обеспечивают нормальную реакцию организма на взаимодействие. Но условия, в которых человек осуществляет свою жизнедеятельность, меняются, выходя в некоторых случаях за рамки нормы адаптации организма. И тогда в экстремальных для организма условиях включаются адаптивно-компенсаторные механизмы, обеспечивающие приспособление организма к повышенным нагрузкам. Защитные системы начинают осуществлять приспособительные реакции, конечными целями которых являются сохранение организма в его целостности, возвращение нарушенного равновесия (гомеостаза). Повреждающий фактор своим действием вызывает поломку какой-то определенной структуры организма: клетки, ткани, иногда органа. Наличие такой поломки включает механизм патологии, вызывает приспособительную реакцию защитных механизмов. Поломка структуры приводит к тому, что поврежденный элемент изменяет свои структурные связи, адаптируется, пытаясь сохранить свои «обязанности» относительно органа или организма в целом. Если это ему удастся, то за счет такой адаптивной перестройки возникает местная патология, которая компенсируется защитными механизмами самого элемента и может не отразиться на деятельности организма, хотя и снизит его норму адаптации. Но при большой (в пределах нормы адаптации организма) перегрузке, если она превышает норму адаптации элемента, элемент может быть разрушен так, что изменит функции, т.е. дисфункционалирует. Тогда осуществляется компенсаторная реакция со стороны более высокого уровня организма, функция которого может быть нарушена в результате дисфункции его элемента. Патология нарастает. Так, поломка клетки, если она не может компенсироваться ее гиперплазией, вызовет компенсаторную реакцию со стороны ткани. Если тканевые клетки разрушены так, что вынуждена адаптироваться

сама ткань (воспаление), то компенсация будет идти со стороны здоровой ткани, т.е. включится орган. Так, поочередно в компенсаторную реакцию могут быть включены все более высокие уровни организма, что в конечном счете приведет к патологии всего организма – болезни, когда человек не может нормально осуществлять свои биологические и социальные функции.

Болезнь – явление не только биологическое, но и социальное в отличие от биологического понятия «патология». Согласно определению экспертов ВОЗ здоровье – это «состояние полного физического, психического и социального благополучия». В механизме развития заболевания различают два уровня иммунологической системы: неспецифический и специфический. Основоположниками иммунологии (Л. Пастером и И.И. Мечниковым) иммунитет первоначально определялся как невосприимчивость к инфекционным заболеваниям. В настоящее время иммунология определяет иммунитет как метод защиты организма от живых тел и веществ, несущих на себе признаки чужеродности. Разработка теории иммунитета дала возможность медицине решить такие проблемы, как безопасность переливания крови, создание вакцин против оспы, бешенства, сибирской язвы, дифтерии, полиомиелита, коклюша, кори, столбняка, газовой гангрены, инфекционного гепатита, гриппа и других инфекций. Благодаря этой теории была устранена опасность респираторной болезни новорожденных, в практику медицины введена пересадка органов, стала возможна диагностика многих инфекционных болезней. Уже из приведенных примеров ясно, какое громадное значение для сохранения здоровья человека имело познание законов иммунологии. Но еще большее значение для медицинской науки имеет дальнейшее раскрытие секретов иммунитета в профилактике и лечении многих опасных для здоровья и жизни человека болезней. Неспецифическая система защиты предназначена противостоять действию различных внешних для организма повреждающих факторов любой природы.

При возникновении заболевания неспецифическая система осуществляет первую, раннюю защиту организма, давая ему время для включения полноценного иммунного ответа со стороны специфической системы. Неспецифическая защита включает в себя деятельность всех систем организма. Она формирует вос-

палительный процесс, лихорадку, механическое выделение повреждающих факторов с рвотой, кашлем и прочее, изменение обмена веществ, активацию ферментных систем, возбуждение или торможение различных отделов нервной системы. Механизмы неспецифической защиты включают клеточные и гуморальные элементы, обладающие сами по себе или в комплексе бактерицидным действием.

Специфическая (иммунная) система на проникновение чужеродного агента реагирует следующим образом: при первичном попадании развивается первичный иммунный ответ, а при повторном проникновении в организм – вторичный. Они имеют определенные отличия. При вторичном ответе на антиген сразу вырабатывается иммуноглобулин J. Первое взаимодействие антигена (вируса или бактерии) с лимфоцитом вызывает реакцию, которая называется первичным иммунным ответом. В ходе него лимфоциты начинают постепенно развиваться, претерпевая дифференцировку: некоторая часть становится клетками памяти, другие преобразуются в зрелые клетки, продуцирующие антитела. При первой встрече с антигеном сначала появляются антитела класса иммуноглобулинов M, затем – J, а позже – A. Вторичный иммунный ответ развивается при повторном контакте с тем же самым антигеном. В данном случае происходит уже более быстрая выработка лимфоцитов с превращением их в зрелые клетки и быстрая выработка значительного количества антител, которые высвобождаются в кровь и тканевую жидкость, где они могут встретиться с антигеном и эффективно побороть болезнь. Рассмотрим обе (неспецифическую и специфическую) системы защиты организма подробнее.

Неспецифическая система защиты, как уже указывалось выше, включает клеточные и гуморальные элементы. Клеточные элементы неспецифической защиты – это описанные выше фагоциты: макрофаги и нейтрофильные гранулоциты (нейтрофилы, или макрофаги). Это высокоспециализированные клетки, дифференцирующиеся из стволовых клеток, вырабатываемых костным мозгом. Макрофаги составляют в организме отдельную мононуклеарную (однойядерную) систему фагоцитов, в которую входят промоноциты костного мозга, дифференцирующиеся из них моноциты крови и тканевые макрофаги. Их особенностью

является активная подвижность, способность прилипать и интенсивно осуществлять фагоцитоз. Моноциты, созревшие в костном мозге, циркулируют в течение 1-2-х суток в крови, а затем проникают в ткани, где дозревают до макрофагов и живут 60 и более суток.

Макрофаги содержат ферменты для переваривания фагоцитированных веществ. Эти ферменты содержатся в вакуолях (пузырьках), называемых лизосомами, и способны расщеплять белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты. Макрофаги очищают организм человека от частиц неорганического происхождения, а также от бактерий, вирусных частиц, отмирающих клеток, токсинов – ядовитых веществ, образующихся при распаде клеток или вырабатываемых бактериями. Кроме того, макрофаги выделяют в кровь некоторые гуморальные и секреторные вещества: элементы комплемента  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ , лизоцим, интерферон, интерлейкин-1, простагландины,  $\gamma_2$ -макроглобулин, монокины, регулирующие иммунный ответ, цитокины – ядовитые для клеток вещества. Подробнее вопрос об этих веществах и их роли в защитной системе рассмотрим в дальнейшем. Макрофаги обладают тонким механизмом распознавания чужеродных частиц антигенной природы. Они различают и быстро поглощают старые и новорожденные эритроциты, не трогая нормальных. Долгое время за макрофагами была закреплена роль «чистильщиков», но они являются и первым звеном специализированной системы защиты. Макрофаги, включая антиген в цитоплазму, распознают его с помощью ферментов. Из лизосом выделяются вещества, растворяющие антиген в течение приблизительно 30 мин, после чего он выводится из организма. Но некоторые антигены не могут быть полностью переваренными, они деградируют и выводятся из макрофагов в течение суток. Переработанный таким образом антиген несет на себе «отметку», которую способны воспринимать клетки или гуморальные элементы специфической защиты. Антиген проявляется и опознается макрофагом, после чего переходит к лимфоцитам. Нейтрофильные гранулоциты (нейтрофилы, или микрофаги) также формируются в костном мозге, откуда поступают в кровоток, в котором циркулируют в течение 6-24 ч. В отличие от макрофагов созревшие микрофаги получают энергию не от дыхания, а от гликолиза,

как прокариоты, т.е. становятся анаэробами, и могут осуществлять свою деятельность в бескислородных зонах, например в экссудатах при воспалении, дополняя деятельность макрофагов. Макрофаги и микрофаги на своей поверхности несут рецепторы к иммуноглобулину JgJ и к элементу комплемента C3, которые помогают фагоцит в распознавании и прикреплении антигена к поверхности его клетки. Нарушение деятельности фагоцитов довольно часто проявляется в виде повторяющихся гнойно-септических заболеваний, таких как хроническая пневмония, пиодермия, остеомиелит и др. Так, кожно-слизистый кандидоз является следствием дефекта нейтрофилов, который делает их неспособными убивать грибок *Candida*. Это заболевание протекает как массивное разрушение тканей и не поддается обычным методам лечения, включая интенсивную комбинированную антибиотикотерапию. При ряде инфекций возникают различные приобретения фагоцитоза. Так, туберкулезные микобактерии не разрушаются при фагоцитировании. Стафилококк тормозит поглощение его фагоцитом. Нарушение деятельности фагоцитов приводит также к развитию хронического воспаления и болезням, связанным с тем, что накопленный макрофагами материал от разложения фагоцитированных веществ не может быть выведен из организма вследствие недостаточности некоторых ферментов фагоцита. Патология фагоцитоза может быть связана с нарушением взаимодействия фагоцитов с другими системами клеточного и гуморального иммунитета. Так, при инфекциях, возбудители которых паразитируют внутри клетки (туберкулезе, лепре, листериозе), большое значение имеет активация макрофагов Т-лимфоцитами. Таким образом, на процесс фагоцитоза влияют факторы как неспецифической, так и специфической систем защиты. Фагоцитозу способствуют нормальные антитела и иммуноглобулины, комплемент, лизоцим, лейкоцины, интерферон и ряд других ферментов и секретов крови, предварительно обрабатывающих антиген, делая его более доступным для захвата и переваривания фагоцитом. Далее рассмотрим некоторые гуморальные элементы неспецифической защиты.

Комплемент – ферментная система, которая состоит из 11 белков сыворотки крови, составляющих 9 компонентов (от C<sub>1</sub> до C<sub>9</sub>) комплемента. Система комплемента способствует стимуля-

ции фагоцитоза, хемотаксиса (привлечения или отталкивания клеток), выделению фармакологически активных веществ (анафилотоксина, гистамина и др.), усиливает бактерицидные свойства сыворотки крови, активирует цитолиз (распад клеток) и совместно с фагоцитами принимает участие в уничтожении микроорганизмов и антигенов. Каждый из компонентов комплемента играет свою роль в иммунном ответе. Так, недостаточность комплемента  $C_1$  вызывает снижение бактерицидности плазмы крови и способствует частому развитию инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей, хронического гломерулонефрита, артрита, отита и др.

Комплемент  $C_3$  подготавливает антиген к фагоцитозу. При его недостаточности значительно снижается ферментативная и регуляторная активность системы комплемента, что приводит к более тяжелым последствиям, чем недостаточность компонентов  $C_1$  и  $C_2$ , вплоть до смертельного исхода. Его модификация  $C_{3a}$  откладывается на поверхности бактериальной клетки, что приводит к образованию отверстий в оболочке микроба и его лизису, т.е. растворению лизоцимом. При наследственной недостаточности компонента  $C_5$  встречаются нарушение развития ребенка, дерматиты и диарея. Специфический артрит и нарушение свертываемости крови наблюдаются при дефиците  $C_6$ . Диффузные поражения соединительной ткани возникают при снижении концентрации компонентов  $C_2$  и  $C_7$ . Врожденная или приобретенная недостаточность компонентов комплемента способствует развитию различных заболеваний как в результате снижения бактерицидных свойств крови, так и вследствие накопления в крови антигенов. Кроме недостаточности, встречается также и активация компонентов комплемента. Так, активация  $C_1$  приводит к отеку Квинке и др. Активно потребляется комплемент при термическом ожоге, когда создается дефицит комплемента, что может определить неблагоприятный исход термической травмы. Нормальные антитела выявлены в сыворотке здоровых людей, которые ранее не болели. По-видимому, эти антитела возникают при наследовании или же антигены поступают с пищей, не возбуждая соответствующего заболевания. Обнаружение таких антител свидетельствует о зрелости и нормальном функционировании иммунной системы. К нормальным



антителам относится, в частности, пропердин. Это высокомолекулярный белок, обнаруживаемый в сыворотке крови. Пропердин обеспечивает бактерицидное и вирусонейтрализующее свойства крови (в совокупности с другими гуморальными факторами) и активизирует реакции специализированной защиты.

Лизоцим – это фермент ацетилмурамидаза, разрушающий оболочки бактерий, лизирующий их. Он находится почти во всех тканях и жидкостях организма. Способность к разрушению клеточных оболочек бактерий, с чего и начинается уничтожение, объясняется тем, что лизоцим в высокой концентрации находится в фагоцитах и его активность увеличивается при микробной инфекции. Лизоцим усиливает антибактериальное действие антител и комплемента. Он входит в состав слюны, слез, кожных выделений как средство, усиливающее барьерную защиту организма. Ингибиторы (замедлители) вирусной активности представляют собой первый гуморальный барьер, препятствующий контакту вируса с клеткой.

Люди с высоким содержанием ингибиторов высокой активности отличаются высокой устойчивостью к вирусным инфекциям, при этом для них малоэффективны вирусные вакцины. Неспецифические механизмы защиты – клеточные и гуморальные – защищают внутреннюю среду организма от различных повреждающих факторов органической и неорганической природы на тканевом уровне. Они достаточны для обеспечения жизнедеятельности низкоорганизованных (беспозвоночных) животных. Усложнение организма животных, в частности, привело к тому, что неспецифическая защита организма оказалась недостаточной. Усложнение организации привело к увеличению количества специализированных клеток, отличающихся друг от друга. На этом общем фоне в результате мутации могли появляться клетки, вредные для организма, или могли внедриться в организм похожие, но чужеродные клетки. Необходимым становится генетический контроль клеток, и появляется специализированная система защиты организма от клеток, отличающихся от его родных, необходимых. Вероятно, лимфатические механизмы защиты поначалу развивались не для защиты от внешних антигенов, а для обезвреживания и устранения внутренних элементов, которые ведут «подрывную работу» и угрожают це-

лостности особи и выживанию вида. Видовая дифференциация позвоночных при наличии общей для любого организма основы-клетки, различающейся по структуре и функциям, привела к необходимости создания механизма различения и обезвреживания клеток организма, в частности клеток-мутантов, которые, размножаясь в организме, могли привести его к гибели.

Механизм иммунитета, возникший как средство внутреннего контроля над клеточным составом тканей органа, в силу своей высокой эффективности использован природой против повреждающих факторов-антигенов: клеток и продуктов их деятельности. С помощью этого механизма складывается и закрепляется генетически реактивность организма к одним видам микроорганизмов, к взаимодействию с которыми он не адаптирован, и иммунитет клеток, тканей и органов к другим. Возникают видовая и индивидуальная формы иммунитета, формирующиеся соответственно в адаптиогенезе и адаптиоморфозе как проявления компенсациогенеза и компенсациоморфоза. Обе формы иммунитета могут быть абсолютными, когда организм и микроорганизм практически не взаимодействуют ни при каких условиях, или относительными, когда взаимодействие вызывает патологическую реакцию в определенных случаях, ослабляющих иммунитет организма, делающих его восприимчивым к воздействию микроорганизмов, безопасных в нормальных условиях. Перейдем к рассмотрению специфической иммунологической системы защиты организма, задача которой заключается в том, чтобы компенсировать недостаточность неспецифических факторов органического происхождения – антигенов, в частности микроорганизмов и токсических продуктов их деятельности. Она начинает действовать тогда, когда неспецифические механизмы защиты не могут уничтожить антиген, близкий по своим характеристикам клеткам и гуморальным элементам самого организма или обеспеченный собственной защитой. Поэтому специфическая система защиты предназначена распознавать, обезвреживать и уничтожать генетически чужеродные вещества органического происхождения: инфекционные бактерии и вирусы, трансплантированные от другого организма органы и ткани, изменившиеся в результате мутации клетки собственного организма. Точность различения очень высокая, до уровня одного

гена, отличающегося от нормы. Специфическая иммунная система – это совокупность специализированных лимфоидных клеток: Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов. Различают центральные и периферические органы иммунной системы. К центральным относятся костный мозг и тимус, к периферическим – селезенка, лимфатические узлы, лимфоидная ткань кишок, миндалин и других органов, кровь. Все клетки иммунной системы (лимфоциты) являются высокоспециализированными, их поставщиком служит костный мозг, из стволовых клеток которого дифференцируются все формы лимфоцитов, так же как и макрофаги, микрофаги, эритроциты, тромбоциты крови.

Вторым важнейшим органом иммунной системы является вилочковая железа (тимус). Под влиянием гормонов тимуса стволовые клетки тимуса дифференцируются в тимусзависимые клетки (или Т-лимфоциты): они обеспечивают клеточные функции иммунной системы. Помимо Т-клеток, тимус секретирует в кровь гуморальные вещества, способствующие созреванию Т-лимфоцитов в периферических лимфатических органах (селезенке, лимфоузлах), и некоторые другие вещества. Селезенка имеет структуру, сходную со структурой вилочковой железы, но в отличие от тимуса лимфоидная ткань селезенки участвует в иммунных реакциях гуморального типа. В селезенке содержится до 65 % В-лимфоцитов, которые обеспечивают накопление большого количества плазматических клеток, синтезирующих антитела. Лимфатические узлы содержат преимущественно Т-лимфоциты (до 65 %), а В-лимфоциты, плазмциты (происходят от В-лимфоцитов) синтезируют антитела, когда иммунная система только созревает, особенно у детей первых лет жизни. Поэтому удаление миндалин (тонзилэктомия), произведенное в раннем возрасте, снижает способность организма к синтезу некоторых антител. Кровь относится к периферическим тканям иммунной системы и содержит, кроме фагоцитов, до 30 % лимфоцитов. Среди лимфоцитов преобладают Т-лимфоциты (50–60 %). В-лимфоциты составляют 20–30 %, около 10 % приходится на киллеры, или «нуль-лимфоциты», не имеющие свойств Т- и В-лимфоцитов (Д-клетки).

Как отмечалось выше, Т-лимфоциты образуют три основные субпопуляции:

1) Т-киллеры осуществляют иммунологический генетический надзор, разрушая мутированные клетки собственного организма, в том числе и опухолевые, и генетически чужеродные клетки трансплантатов. Т-киллеры составляют до 10 % Т-лимфоцитов периферической крови. Именно Т-киллеры своим воздействием вызывают отторжение пересаженных тканей, но это и первая линия защиты организма от опухолевых клеток;

2) Т-хелперы организуют иммунный ответ, воздействуя на В-лимфоциты и давая сигнал для синтеза антител против появившегося в организме антигена. Т-хелперы секретируют интерлейкин-2, воздействующий на В-лимфоциты, и  $\gamma$ -интерферон. Их в периферической крови до 60–70 % общего числа Т-лимфоцитов;

3) Т-супрессоры ограничивают силу иммунного ответа, контролируют активность Т-киллеров, блокируют деятельность Т-хелперов и В-лимфоцитов, подавляя избыточный синтез антител, которые могут вызывать аутоиммунную реакцию, т. е. обратиться против собственных клеток организма.

Т-супрессоры составляют 18–20 % Т-лимфоцитов периферической крови. Избыточная активность Т-супрессоров может привести к угнетению иммунного ответа вплоть до его полного подавления. Это бывает при хронических инфекциях и опухолевых процессах. В то же время недостаточная деятельность Т-супрессоров приводит к развитию аутоиммунных заболеваний в связи с повышенной активностью Т-киллеров и Т-хелперов, не сдерживаемых Т-супрессорами. Для регулирования иммунного процесса Т-супрессоры секретируют до 20 различных медиаторов, ускоряющих или замедляющих активность Т- и В-лимфоцитов. Кроме трех основных видов, существуют и другие виды Т-лимфоцитов, в том числе Т-лимфоциты иммунологической памяти, сохраняющие и передающие информацию об антигене. При повторной встрече с этим антигеном они обеспечивают его распознавание и тип иммунологического ответа. Т-лимфоциты, выполняя функцию клеточного иммунитета, кроме того, синтезируют и секретируют медиаторы (лимфокины), которые активизируют или замедляют деятельность фагоцитов, а также медиаторы с цитотоксическим и интерфероноподобным действиями, облегчая и направляя действие неспецифиче-

ской системы. Другой тип лимфоцитов (В-лимфоциты) дифференцируется в костном мозге и групповых лимфатических фолликулах и выполняет функцию гуморального иммунитета. При взаимодействии с антигенами В-лимфоциты изменяются в плазмоциты, синтезирующие антитела (иммуноглобулины). На поверхности В-лимфоцита может содержаться от 50 до 150 тыс. молекул иммуноглобулинов. По мере созревания В-лимфоциты изменяют класс синтезируемых ими иммуноглобулинов.

Первоначально синтезируя иммуноглобулины класса JgM, при созревании 10 % В-лимфоцитов продолжают синтезировать JgM, 70 % переключаются на синтез JgI, а 20 % – на синтез JgA. Так же как и Т-лимфоциты, В-лимфоциты состоят из нескольких субпопуляций:

1) В<sub>1</sub>-лимфоциты – предшественники плазмоцитов, синтезирующие антитела JgM без взаимодействия с Т-лимфоцитами;

2) В<sub>2</sub>-лимфоциты – предшественники плазмоцитов, синтезирующие иммуноглобулины всех классов в ответ на взаимодействие с Т-хелперами. Эти клетки обеспечивают гуморальный иммунитет на антигены, распознаваемые Т-хелперами;

3) В<sub>3</sub>-лимфоциты (К-клетки), или В-киллеры, убивают клетки-антигены, покрытые антителами;

4) В-супрессоры тормозят функцию Т-хелперов, а В-лимфоциты памяти, сохраняя и передавая память об антигенах, стимулируют синтез определенных иммуноглобулинов при повторной встрече с антигеном.

Особенностью В-лимфоцитов является то, что они специализируются на конкретных антигенах. При реакции В-лимфоцитов с антигеном, встреченным впервые, образуются плазмоциты, выделяющие антитела именно против этого антигена. Образуется клон В-лимфоцитов, ответственный за реакцию с этим конкретным антигеном. При повторной реакции размножаются и синтезируют антитела только В-лимфоциты, а точнее – плазмоциты, направленные против этого антигена. Другие клоны В-лимфоцитов не участвуют в реакции. В-лимфоциты непосредственно не участвуют в борьбе с антигенами. Под влиянием стимулов от фагоцитов и Т-хелперов они трансформируются в плазмоциты, которые и синтезируют антитела иммуноглобулины, обезвреживающие антигены. Имму-

ноглобулины – белки сыворотки крови и других жидкостей организма, которые действуют как антитела, связывающиеся с антигенами и обезвреживающие их. В настоящее время известно пять классов иммуноглобулинов человека (JgI, JgM, JgA, JgD, JgE), которые существенно различаются по своим физико-химическим свойствам и биологическим функциям. Иммуноглобулины класса J составляют около 70 % от общего количества иммуноглобулинов. К ним относятся антитела против антигенов различной природы, вырабатываемые четырьмя подклассами. Они в основном выполняют противобактериальные функции и образуют антитела против полисахаридов бактериальных оболочек, а также противорезусные антитела, обеспечивают реакцию кожной чувствительности и связывания комплекса.

Иммуноглобулины класса M (около 10 %) – наиболее древние, синтезируются на ранних стадиях иммунного ответа на большинство антигенов. К этому классу относятся антитела против полисахаридов микро-организмов и вирусов, ревматоидный фактор и др. Иммуноглобулины класса D составляют менее 1 %. Их роль в организме почти не изучена. Есть сведения об увеличении их при некоторых инфекционных заболеваниях, остеомиелите, бронхиальной астме и т.п. Еще более низкую концентрацию имеют иммуноглобулины класса E, или реагины. JgE играют роль пускового механизма в развёртывании аллергических реакций немедленного типа. Связываясь в комплекс с аллергеном, JgE вызывают выброс в организм медиаторов аллергических реакций (гистамина, серотонина и др.) Иммуноглобулины класса A составляют около 20 % от общего количества иммуноглобулинов. К этому классу относятся антитела против вирусов, инсулина (при сахарном диабете), тирео-глобулина (при хроническом тиреоидите). Особенностью этого класса иммуноглобулинов является то, что существуют они в двух формах: сывороточной (JgA) и секреторной (SJgA). Антитела класса A нейтрализуют вирусы, обезвреживают бактерии, предупреждают фиксацию микроорганизмов на клетках эпителиальной поверхности слизистых оболочек. Подводя итог, сделаем следующий вывод: специфическая система иммунологической защиты – это многоуровневый механизм элементов организма,

обеспечивающий их взаимодействие и взаимодополняемость, включающий по мере необходимости компоненты защиты против любого взаимодействия организма с повреждающими факторами, дублирующий в нужных случаях механизмы клеточной защиты гуморальными средствами, и наоборот.

Система иммунитета, сложившаяся в процессе адаптационно-генеза, закрепившая генетически видовые реакции организма на повреждающие факторы, является гибкой системой. В процессе адаптационной морфозы она корректируется, включает новые виды реакций на повреждающие факторы, вновь появившиеся, с которыми организм не встречался ранее. В этом смысле она играет приспособительную роль, объединяя адаптивные реакции, в результате которых структуры организма меняются под действием новых факторов среды, и компенсаторные реакции, сохраняющие целостность организма, стремящиеся уменьшить цену адаптации. В качестве этой цены выступают необратимые адаптивные изменения, в результате которых организм, приспособившись к новым условиям существования, теряет способность существовать при первоначальных условиях. Так, клетка эукариот, приспособившаяся существовать в условиях кислородной атмосферы, уже не может обойтись без нее, хотя анаэробы могут это делать. Цена адаптации в этом случае – потеря способности к существованию в анаэробных условиях.

Таким образом, иммунная система включает ряд компонентов, самостоятельно вступающих в борьбу с любыми чужеродными факторами органического или неорганического происхождения: фагоциты, Т-киллеры, В-киллеры и целую систему специализированных, нацеленных на конкретного врага средств-антител. Проявление иммунного ответа специфической иммунной системы разнообразно. В случае, если мутировавшая клетка организма приобретает свойства, отличные от свойств генетически присущих ему клеток (например, опухолевые), Т-киллеры поражают клетки самостоятельно, без вмешательства других элементов иммунной системы. В-киллеры также уничтожают распознанные антигены, покрытые нормальными антителами, самостоятельно. Полный иммунный ответ возникает против некоторых антигенов, впервые проникших в организм. Макрофаги, фагоцитируя такие антигены вирусного или бакте-

риального происхождения, не могут их полностью переварить и через некоторое время выбрасывают. Антиген, прошедший через фагоцит, несет на себе метку, свидетельствующую о его «неперевариваемости». Фагоцит таким образом подготавливает антиген к «подаче» в систему специфической иммунной защиты. Он распознает антиген и соответствующим образом его метит. Кроме того, макрофаг одновременно секретирует интерлейкин-1, активирующий Т-хелперы. Т-хелпер, столкнувшись с таким «меченым» антигеном, подает сигнал В-лимфоцитам о необходимости их вмешательства, секретируя интерлейкин-2, активирующий лимфоциты. Сигнал Т-хелпера включает две составляющие. Во-первых, это команда о начале действия; во-вторых, это информация о виде антигена, полученная от макрофага. Получив такой сигнал, В-лимфоцит превращается в плазмочит, синтезирующий соответствующий специфический иммуноглобулин, т.е. конкретное антитело, предназначенное для противодействия этому антигену, которое связывается с ним и обезвреживает его.

Следовательно, в случае полного иммунного ответа В-лимфоцит получает команду от Т-хелпера и информацию об антигене от макрофага. Возможны и другие варианты иммунного ответа. Т-хелпер, столкнувшись с антигеном до обработки его макрофагом, дает сигнал В-лимфоциту о выработке антител. В этом случае В-лимфоцит превращается в плазмочит, вырабатывающий неспецифические иммуноглобулины класса JgM. Если же В-лимфоцит взаимодействует с макрофагом без участия Т-лимфоцита, то, не получив сигнала о выработке антител, В-лимфоцит не включается в иммунную реакцию. В то же время иммунная реакция синтеза антител начнется, если В-лимфоцит вступит во взаимодействие с антигеном, соответствующим его клону, обработанным макрофагом, даже при отсутствии сигнала от Т-хелпера, поскольку он специализирован по этому антигену.

Таким образом, специфический иммунный ответ предусматривает различные случаи взаимодействия антигена и иммунной системы. В нем участвуют комплемент, подготавливающий антиген к фагоцитозу, фагоциты, обрабатывающие антиген и подающие его лимфоцитам, Т- и В-лимфоциты, иммуноглобулины и другие составляющие. В процессе эволюции вы-



работались различные сценарии борьбы с чужеродными клетками. Еще раз следует подчеркнуть, что иммунитет является сложной многоэлементной системой. Но, как и любая сложная система, иммунитет имеет недостаток. Дефект одного из элементов приводит к тому, что может отказать вся система. Возникают болезни, связанные с иммунодепрессией, когда организм не может самостоятельно противодействовать инфекции.

### Лекция № 3. Физиология труда и ее задачи

Вопросы.

1. Классификация тяжести и напряженности труда
2. Работоспособность
3. Утомление
4. Оптимальные, допустимые, вредные, травмоопасные условия и характер труда
5. Умственный труд

**Физиология труда**, раздел физиологии, изучающий закономерности протекания физиологических процессов и особенности их регуляции при трудовой деятельности человека, т. е. трудовой процесс в его физиологических проявлениях.

**Физиология труда** решает две основные задачи: определяет оптимальные характеристики рабочего процесса, позволяющие достигнуть высокой производительности и эффективности труда, и разрабатывает мероприятия, предохраняющие человека от неблагоприятного влияния некоторых факторов.

Исходя из этих задач, **физиология труда** обосновывает режимы труда и отдыха в зависимости от интенсивности, экстенсивности, сложности и значимости трудовой деятельности; выясняет оптимальные и предельные возможности человека по приёму, переработке и выдаче информации (например, наилучшие способы подачи зрительной, слуховой и др. информации на табло и щитах управления); определяет наиболее экономичные и наименее утомляющие виды рабочих движений.

**Физиология труда** определяет, оценивает и прогнозирует функциональное состояние организма человека до, во время и

после трудовой деятельности; разрабатывает способы и режимы тренировки и обучения; обосновывает мероприятия по рационализации труда, ведущие к повышению работоспособности человека и сохранению его здоровья. Разработка методик, позволяющих измерять утомляемость и степень снижения работоспособности, сближает **Физиология труда** с *психологией труда*, а изучение влияния внешней среды на организм – с *гигиеной труда*, что позволяет рассматривать эти науки как составные части *эргономики*.

Особенность **физиология труда** в том, что она наряду с гигиеной и *научной организацией труда* изучает важную социальную проблему – проблему трудовой деятельности человека.

**Исторический очерк.** Зарождение **физиология труда** как самостоятельной дисциплины относится ко 2-й половине 19 в., когда в связи с развитием общественного производства и появлением новых видов трудовой деятельности выдающиеся физиологи (Г. Гельмгольц, Э. Дюбуа-Реймон, И. М. Сеченов, итальянский учёный А. Моссо и др.) начали изучать проблему *утомления*. В 1857 польский естествоиспытатель В. Ястшембовский опубликовал работу «Черты эргономики». Работы М. Рубнера по энергетике различных типов деятельности, нем. физиолога Н. Цунца, французского учёного Ж. Амара по мышечному сокращению во многом определили начальный (биомеханический) этап **физиология труда** В 20 в. этот подход получил дальнейшее развитие в работах нем. исследователя Э. Ацлера, выдвинувшего принцип «элементарных единиц», на которые можно разложить любую мышечную деятельность. В это же время появляется идея о необходимости комплексного изучения всех видов отношений в системе «человек – орудие труда». В 20–30-е гг. 20 в. мышечная деятельность изучалась в ряде крупных научных центров: институте физиологии труда в г. Дортмунд (Германия), институте труда в г. Курасики (Япония), в лаборатории по изучению профессиональной работы (Франция), ряде университетов США и Великобритании. В 70-е гг. 20 в. продолжают разрабатываться актуальные проблемы **Физиология труда**: предельные возможности человека в трудовой деятельности (Д. Мейстер – США; К. Марелл и А. Чапанис – Великобритания); физиологические характеристики труда операторов

(З. Етон – ПНР); общие вопросы психологии человека при разных типах деятельности (Ж. *Пиаже*; К. Халл – США) и др.

В СССР уже в 20-е гг. вместо преимущественного изучения мышечной деятельности был выдвинут принцип всестороннего изучения трудовой деятельности человека. Большой вклад в комплексное решение этой проблемы внёс созданный в 1920 А.К. *Гастевым* центральный институт труда при ВЦСПС. В институте были объединены исследования физиологов, гигиенистов, психологов и социологов (работы Гастева, С.Г. Геллерштейна, М.И. Виноградова, А.Д. Слонима, Н.А. *Бернштейна*). С развитием автоматизированного производства **Физиология труда** обращается к изучению особенностей операторской и управляющей деятельности человека. В связи с этим главное внимание уделяется комплексному исследованию функций организма, особенно центральной нервной системы и органов чувств. Исследования Н.В. Зимкина, И.С. Кандрора, З.М. Золиной, В.В. Розенблата позволили выявить ряд новых закономерностей формирования и поддержания трудовой деятельности, а работы В.И. Зинченко, Г.М. Зараковского, Б.Ф. Ломова дают основные методики комплексного её описания.

**Проблемы и методы физиология труда.** При исследованиях в условиях производства **физиология труда** изучает в комплексе различные физиологические процессы – дыхание, кровообращение, пищеварение, функции высшей нервной деятельности, сенсорные и двигательные процессы, а также активационные реакции, обеспечивающие реализацию потенциальных возможностей человека. Это осуществляется обычными физиологическими методами, такими, как регистрация пульса, электрокардиография, определение кровяного давления, частоты и глубины дыхания, количества поглощённого кислорода и выдыхаемой углекислоты, изменения потоотделения и ряда показателей работы органов зрения и слуха. Вместе с тем разработаны методы определения силы, точности, быстроты и координированности рабочих движений, их последовательности, оценки памяти, внимания, эмоциональных реакций и т.п. При этом учитывается взаимосвязь этих реакций и их отношение к эффективности труда. Комплексный подход требует также обязательного учёта при расшифровке получаемых данных всех существующих

щих связей человека, включенного в систему «человек – орудие труда – предмет труда – трудовая цель», и действия на его состояние и работоспособность совокупности факторов среды.

В **физиологии труда** применяют как лабораторный, так и производственный методы исследования. При лабораторном методе воспроизводится и изучается влияние лишь части производственных условий на какой-либо элемент или группу элементов рабочих действий. Исследование в производственных условиях учитывает весь комплекс факторов, определяющих состояние человека и показатели его деятельности.

Наиболее общая форма изучения существующих в **физиологии труда** закономерностей – анализ систем и механизмов, поддерживающих в организме *гомеостаз*, т.е. постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость функционирования организма, его органов и систем при изменении условий деятельности. Гомеостатическое регулирование обеспечивает постоянную количественную и качественную адекватность ответа организма на изменившиеся внешние и внутренние условия. Такое регулирование может осуществляться на разных уровнях с участием простых или более сложных систем организма, по-разному сочетать их функционирование. Так, для поддержания на постоянном уровне снабжения клеток организма кислородом существуют разнообразные физиологические механизмы, изменяющие деятельность в соответствии с потребностями организма, например могут изменяться ритм сокращений сердца, просвет кровеносных сосудов и др.

Для решения практических вопросов в **физиологии труда** обоснована обязательность изучения **4 ключевых состояний систем гомеостатического регулирования**:

- при *оперативном покое* (состояние готовности организма к деятельности),
- при *переходе* от оперативного покоя к состоянию напряжения (усиление имеющихся форм регуляции),
- затем к состоянию *перестройки структуры гомеостаза* (в регуляцию вовлекаются новые механизмы) и, наконец,
- при переходе в *состояние постепенного распада гомеостатической структуры*, как единой системы.

Так, по мере увеличения тяжести физической работы вна-

чале происходит некоторое учащение и усиление сокращений сердца, расширяются сосуды работающих мышц и сужаются сосуды пищеварительной системы и кожи (состояние напряжения). Затем из клеток поступает в сосуды жидкость, а из селезёнки и печени – дополнительное количество эритроцитов, в мышцах увеличивается число сокращающихся волокон, ранее суженные сосуды кожи расширяются, включается потоотделение, потребление кислорода тканями уменьшается – возрастает т. н. кислородный долг (перестройка гомеостата). Если физическая нагрузка чрезмерна, сосуды паралитически расширяются и не реагируют на управляющие нервные импульсы, нарушается координация дыхания и кровообращения, ухудшается кровообращение мозга, возникают сердечная слабость, потеря сознания (разрушение гомеостатического регулирования). Знание этих состояний позволяет обосновывать физиологические критерии гигиенического нормирования, определять степень тяжести и вредности труда, регламентировать его режим.

Одно из основных понятий **физиологии труда** – *понятие функционального состояния*, т.е. интегрального (единого) комплекса наличных характеристик тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение трудовой деятельности. Исходя из анализа динамики гомеостатического регулирования, выделяют 2 типа функциональных состояний:

- адекватной мобилизации и
- динамического рассогласования.

*Адекватная мобилизация*, характерная для тренированного, физически подготовленного человека, определяется напряжением или частичной перестройкой гомеостатического регулирования, направленного на обеспечение деятельности, адекватной поставленным задачам.

*Динамическое рассогласование* характеризуется таким изменением регулирования или его разрушением, которое приводит к нарушению координации функций и снижению эффективности деятельности или к невозможности продолжать работу. Динамическое рассогласование наблюдается при т. н. экстремальных условиях, утомлении, состоянии голода, жажды.

Существенно в **физиологии труда** представление о стои-

мости деятельности, т.е. степени расходования и возможности восполнения тех физиологических резервов, которые вовлекаются в процесс деятельности даже при оптимальных условиях. Так, любая физическая работа сопровождается тратой энергии, связанной с расходом запасных веществ, изменением структуры мышечных волокон, уменьшением содержания в них гликогена, солей натрия, калия, кальция, появлением в крови недоокисленных продуктов обмена веществ.

**Утомление** – одно из следствий высокой стоимости деятельности. **Физиология труда** изучает пути уменьшения стоимости деятельности путем рациональной организации рабочего процесса.

Важная практическая задача современной **физиологии труда** – составление физиолого-гигиенического паспорта профессии, дающего оценку тяжести, напряжённости и вредности труда. Такие паспорта составляются для промышленных, с.-х., транспортных и многих др. видов труда. Особое внимание уделяется работе человека на конвейерных производствах, где важна проблема монотонии, т.е. такого труда, при котором долгое время стереотипно повторяется одно и то же движение или небольшая группа движений, или же когда на оператора постоянно действует один и тот же управляющий сигнал.

Данные **физиологии труда** используются не только для регламентации самого труда, но и для разработки методов быстрого приспособления человека к новым для него условиям. Это особенно важно при работе человека в мало освоенных географических районах – Арктике, Антарктиде, зонах пустынь и высокогорья, в космосе и др.

Перед **физиологией труда** возникли новые задачи в связи с появлением систем автоматического управления и увеличением сферы операторского умственного труда. Одна из них – проблема умственного утомления, сенсорного голода и сенсорного пресыщения возникает, если человек работает в условиях соответственно интенсивного, недостаточного, или очень большого числа раздражителей, действующих на органы чувств, что ведёт к уменьшению или чрезмерному повышению общего тонуса центральной нервной системы. Требуют разрешения ставшие актуальными проблемы недостаточной двигательной активности (ги-

подинамией) и малых мышечных напряжений (гипокинезия), а также проблема резких нервно-эмоциональных напряжений.

С физиологической точки зрения **труд** есть затрата физической и умственной энергии человека, но он необходим и полезен человеку. И только во вредных условиях или при чрезмерном напряжении сил человека в той или иной форме могут проявляться негативные последствия труда. Труд принято характеризовать **тяжестью и напряжённостью**.

**Тяжесть труда** – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

**Напряжённость труда** – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряжённость труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

**Напряжённость** также можно оценивать по изменению уровня функционирования соответствующих систем организма сравнительно с исходным состоянием оперативного покоя оператора.

Критериями степени напряжённости является выраженное нарушение адекватности физиологических реакций, резкое снижение точности, быстродействия и надежности оператора, ведущее к дезорганизации деятельности.

**Эргономика** – наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения анатомии, антропологии, физиологии, психологии и гигиены в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов, наиболее соответствующих требованиям человеческого организма.

**Эргономика и эстетика производства** являются составными частями культуры производства, т.е. комплекса мер по организации труда, направленных на создание благоприятной

рабочей обстановки. В основе повышения культуры производства лежат требования научной организации труда. Культура производства достигается правильной организацией рабочих процессов и отношений между работниками, благоустройством рабочих мест, эстетическим преобразованием рабочей среды. Различают труд умственный и физический.

***Классификация труда по тяжести и напряженности включает два подхода:***

1. **физиологическая классификация**, основанная на физиологических характеристиках напряжения функций организма и утомления;

2. **профессиографическая характеристика трудовой деятельности**, основанная на описательных характеристиках труда.

По показателям тяжести трудового процесса различают следующие классы условий труда:

1. **Оптимальный** (легкая физическая нагрузка)
2. **Допустимый** (средняя физическая нагрузка)
3. **Вредный** (тяжелый труд 1-ой и 2-ой степеней).

По показателям напряженности трудового процесса различают следующие классы условий труда:

1. **Оптимальный** (напряженность труда легкой степени, требующая затрат энергии до 174,1 Дж/с).
2. **Допустимый** (напряженность труда средней степени — от 174,1 до 290,5 Дж/с).
3. **Вредный** (напряженность труда 1-ой и 2-ой степеней — более 290,5 Дж/с).

В физиологическом отношении благоприятны работы, относящиеся к 1-й степени напряженности труда, однако, при такой мобилизации функций невозможны высокая производительность и эффективность труда. Более эффективна работа при II степени напряженности труда, при которой в то же время не возникает явлений переутомления и работу можно выполнять длительное время. При III степени напряженности необходимы дополнительные перерывы или укорочение рабочего дня.

### **Физический труд**

Что касается физического труда, то для него определены достаточно объективные критерии оценки тяжести, — это энер-



гозатраты.

Все виды физических работ совершаются при участии мышц, которые, сокращаясь, совершают работу в физиологическом смысле слова. Пополнение энергии мышц происходит за счёт потребления ими питательных веществ, поступающих постоянно с кровотоком. Этим же кровотоком от мышц уносятся отработанные вещества – продукты окисления. Основным источником энергии является процесс окисления гликогена кислородом, тоже содержащимся в крови. Гликоген – это полисахарид, образованный остатками глюкозы. Он откладывается в цитоплазме клеток печени и мышц. При недостатке в организме глюкозы гликоген под действием ферментов (ускорителей реакций) расщепляется до глюкозы, которая поступает в кровь.

Физические работы принято делить на три группы по степени их тяжести. В основе этого деления лежит потребление кислорода как один из доступных для измерения объективных показателей энергозатрат. В связи с этим различают работы: лёгкие, средней тяжести и тяжёлые.

К **лёгким** относятся работы, выполняемые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но без систематического напряжения, без поднятия и переноса тяжестей. Это работы в швейном производстве, в точном приборостроении и машиностроении, в полиграфии, в связи и т.д.

К категории **средней тяжести** относятся работы, связанные с постоянной ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей, и выполняемые стоя. Это работа в механосборочных цехах, в механизированных мартеновских, прокатных, литейных, кузнечных, термических цехах и т.д.

К категории **тяжёлых** относятся работы, связанные с систематическим физическим напряжением, а также с постоянным передвижением и переноской значительных (более 10 кг) тяжестей. Это кузнечные работы с ручной ковкой, литейные с ручной набивкой и заливкой опок и т.д.

Для увеличения доставки кислорода и питательных веществ, а также для удаления продуктов их окисления сердечно-сосудистая система увеличивает кровоток. Это осуществляется двумя путями: учащением пульса и увеличением объёма каждого сокращения сердца.

Итак, основными физиологическими реакциями организма на физическую работу являются учащение пульса, повышение кровяного давления, учащение дыхания и повышение лёгочной вентиляции, изменение состава крови, увеличение потоотделения. Изменения постепенно нарастают, доходя до определённого уровня, при котором усиленная работа органов и систем уравнивается с потребностями организма.

По прекращении работы наступает восстановительный период, когда изменённые функции постепенно возвращаются к норме. Но продолжительность восстановления различных функций не одинакова:

- - пульс, давление, частота дыхания и лёгочная вентиляция восстанавливаются за 10-15 минут;
- - состав крови и др. – за 45-50 минут.

Это вызвано тем, что во время интенсивной работы происходит мобилизация внутренних ресурсов организма, происходит обеднение кислородом и питательными веществами неработающих тканей и органов, а также поглощение запасов самих мышечных клеток, которые за счёт этих внутренних запасов некоторое время могут работать без потребления кислорода (так называемая анаэробная фаза работы мышц). Чтобы пополнить эти запасы во время отдыха, организм продолжает потреблять повышенное количество кислорода.

Если при продолжительной тяжелой работе и при мобилизации всех ресурсов организма доставка необходимого количества кислорода и питательных веществ не обеспечивается, наступает утомление мышц.

Мышцы работают не только, когда человек перемещает тяжести, но и когда удерживает их на месте, или удерживает вес собственного тела или отдельных его частей (туловища, рук, головы). В связи с этим **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.

Вынужденное и тем более неудобное положение тела, даже в случае лёгкой работы, может приводить к быстрому утомлению, т.к. статическая нагрузка на одни и те же группы мышц более утомительна. **Рабочая поза** может быть свободная, неудобная, фиксированная и вынужденная. К **свободным позам** относятся удобные позы сидя, с возможностью изменения рабочего положения тела или его частей. **Фиксированная рабочая поза** – невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга. Подобные позы встречаются при выполнении работ, связанных с необходимостью в процессе работы различать мелкие объекты. Наиболее **жёстко фиксированы рабочие позы** у представителей тех профессий, которым приходится выполнять свои основные производственные операции с использованием оптических увеличительных приборов – луп и микроскопов. К **неудобным рабочим позам** относятся позы с большим наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше уровня плеч руками, с неудобным размещением нижних конечностей. К вынужденным позам относятся рабочие позы лёжа, на коленях, на корточках и т.д.

Физиологи выделяют несколько *стадий в процессе работы*:

- в начале работоспособность нарастает (**вработываемость**);
- достигнув максимума, производительность труда держится на этом уровне более или менее длительное время (**стабильная работа**);
- затем наступает постепенное снижение работоспособности (**утомление**).

Организация кратковременных перерывов в конце максимума работоспособности, снижает утомляемость и повышает общую производительность труда.

Кроме физиологических изменений в виде утомления, различные виды физического напряжения могут вызвать и некоторые патологические явления в организме, т.е. заболевания:

- длительная работа в неудобном положении может привести к искривлению позвоночника вбок (**сколиоз**), или вперёд (**кифоз**);

- при длительном стоянии или хождении под нагрузкой – плоскостопие или варикозное расширение вен нижних конечностей;
- постоянное статическое напряжение или однообразные движения при тяжёлой интенсивной работе приводят к нервно-мышечным заболеваниям (воспаление сухожилий, невроты, люмбаго и др.);
- частые и длительные напряжения одних и тех же групп мышц живота – грыжи;
- напряжение органов зрения – близорукость.

Особенно чувствителен к неблагоприятным воздействиям различных вредных факторов женский организм. В частности, при физической нагрузке свыше 15 кг наблюдается опущение тела матки. Постоянная статическая и динамическая нагрузка на позвоночник и ноги у женщин может привести к нарушению формы и функции стоп, изменениям крестцово-тазового угла. У женщин, условия труда которых связаны с вибрацией, могут случаться самопроизвольные аборт, преждевременные роды, токсикозы первой и второй половин беременности. Большое практическое значение представляет собой влияние на специфические функции женского организма химических веществ, даже, когда их содержание не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК).

Термин «здоровье» в уставе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) определён как «состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только как отсутствие болезни или физических дефектов». На здоровье населения в этом смысле влияют условия труда и быта, жилищные условия, уровень заработной платы, обеспеченность продуктами питания и их качество, состояние медицинского обслуживания, климатогеографические и другие социальные и гигиенические факторы.

### **Умственный труд**

Для характеристики напряжённости умственного труда с физиологической точки зрения не выработаны достаточно объективные критерии. Её можно характеризовать объёмом информации, подлежащей запоминанию и (или) анализу, а также скоростью поступления информации и принятия решений, мерой

ответственности за возможные ошибки при принятии решений и др. Это характерно для таких профессий, как диспетчеры, операторы центральных пультов управления сложными объектами, руководители трудовых коллективов.

Труд, как процесс, совершающийся между природой и человеком, един и неделим. Тем не менее, проведение различий между физическим и умственным трудом важно в силу специфики каждого из них. Их соотношение характеризует степень интеллектуализации труда. Интеллектуализация общественно-го труда – одна из объективных тенденций на современном этапе. Соотношение между затратами физического и умственного труда изменяется: доля первого снижается, а доля второго – повышается.

Понятие умственного труда имеет, прежде всего, психофизиологическую основу, поскольку оно связано с деятельностью человеческого мозга. Это понятие имеет и социальный смысл, связанный с выделением категорий работников преимущественно физического (рабочих) и умственного (служащих) труда.

**Сущность умственного труда** изучается и характеризуется в различных аспектах:

- *физиологи и психологи* рассматривают умственный труд как процессы высшей нервной деятельности, реализующие функции и взаимосвязи мозга с рецепторами и эффекторами;
- *психологи и социологи* изучают мотивы умственной деятельности, её структуру, логику, а также поведение работников, морально-психологический климат;
- *специалисты по кибернетике* рассматривают умственный труд как модель системы переработки информации.

Умственный труд охватывает весьма широкий диапазон различных по характеру и содержанию видов деятельности. К их числу относятся:

- **научный труд** – труд научных работников, занимающихся научно-исследовательской работой;
- **инженерный труд** – труд инженерно-технических работников, занимающихся проектной, конструкторской и технологической работой;
- **педагогический труд** – труд профессоров, преподава-

телей и учителей;

- **врачебный труд**;
- **управленческий труд** – труд руководителей и специалистов, осуществляющих управление трудовыми коллективами;
- **производственный труд** – труд рабочих и специалистов, осуществляющих управление сложными технологическими процессами, оборудованием, автоматизированными и роботизированными системами;
- **вспомогательный труд** – труд работников, ведущих бухгалтерский учёт и др.

Труд политических деятелей, юристов и многих других категорий работников можно с известной долей условности отнести, например, к управленческому, или к другим видам в зависимости от их конкретной специфики.

**Предметом умственного труда** (независимо от вида) является информация, содержащая состояние практики и задания по ее изменению. Информация является также и продуктом умственного труда:

- для научного труда – отчёт, монография, статья, доклад;
- для инженерного труда – проект, конструкторская и технологическая документация, опытный образец;
- для педагогического труда – конспект лекций или занятия, прочитанная лекция, экзамен и т.д.;
- для врачебного труда – диспансерное обследование, постановка диагноза, хирургическая операция;
- для управленческого труда – план работ, учёт, анализ, приказ;
- для производственного труда – программа работы оборудования, автоматизированной системы управления.

Умственный труд заключается в переработке и анализе большого объёма разнообразной информации, и как следствие этого – мобилизация памяти и внимания, а мышечные нагрузки, как правило, незначительны. Этот труд характеризуется значительным снижением двигательной активности (*гипокинезией*), что может приводить к сердечно-сосудистой патологии; длительная умственная нагрузка угнетает психику, ухудшает функции внимания, памяти. Основным показателем умственного

труда является напряжённость, отражающая нагрузку на центральную нервную систему.

По своему *содержанию и характеру умственный труд* делится на **творческий** и **нетворческий**. Творческий характеризует продуктивную деятельность, т.е. деятельность, изменяющую существующую практику. Нетворческий – характеризует репродуктивную деятельность, т.е. деятельность, воспроизводящую действующую практику.

Интенсивность всякого труда характеризуется величиной производительного потребления рабочей силы в единицу времени. Затраты рабочей силы в физиологическом смысле есть расходование функциональных возможностей человека, приводящее к снижению работоспособности, появлению утомления. *Психофизиологическими ограничителями* при умственном труде являются:

- показатель снижения работоспособности;
- показатель надежности функционирования человека в различных системах;
- величина и симптомы субъективно ощущаемой усталости;
- показатели психического и эмоционального состояния.

Одним из важнейших показателей эффективности работника в системе «человек – машина», а также при выполнении обязанностей диспетчера, оператора и других аналогичных профессий является **внимание**.

**Внимание** – это направленность психики на определённые объекты и её сосредоточенность. Под направленностью понимается избирательный характер протекания познавательной деятельности, произвольный или непроизвольный выбор её объектов. Сосредоточенность предполагает отвлечение от всего, не относящегося к данной деятельности, и торможение реакции на побочную, конкурирующую деятельность.

*Различают произвольное и непроизвольное внимание.*

Непроизвольное внимание возникает и поддерживается независимо от сознательных намерений человека. Этот вид внимания связан с ориентировочным рефлексом на новый или сильный внешний раздражитель (в производственной практике чаще всего его недостаток проявляется как отвлечение).

Произвольное внимание – сознательно регулируемое внимание. Труд требует произвольного внимания, которое может переходить во вторично непроизвольное (или послепроизвольное) внимание – показатель высокого профессионализма. При переходе внимания из произвольного в непроизвольное изменяется его структура: волевой компонент заменяется интересом и навыком, выработанным до автоматизма.

Характеристики внимания: интенсивность, устойчивость, распределение, возможность переключения.

*Интенсивность внимания* – степень сосредоточенности. Чем больше интерес к деятельности, чем она труднее, тем более интенсивным будет внимание.

*Устойчивость внимания* определяется длительностью сохранения интенсивного внимания. Эта характеристика учитывает колебания и отвлечения внимания в процессе деятельности.

*Колебание внимания* – периодическое кратковременное непроизвольное изменение интенсивности внимания.

*Отвлечение внимания* – непроизвольное переключение внимания с основной деятельности на посторонние объекты, отрицательно влияющие на выполнение работы. Лёгкая отвлекаемость свидетельствует о недостаточной устойчивости внимания.

Устойчивость зависит от характера и содержания деятельности, которая совершается при наличии того или иного вида внимания. Устойчивость растёт с увеличением сложности объекта внимания. Однако сложность должна быть оптимальной, иначе возможны быстрое утомление и ослабление сосредоточенности.

*Переключение внимания* – это перемещение, обусловленное сознательно поставленной новой задачей. Переключение проявляется в быстром переходе от одной деятельности к другой.

*Распределение внимания* определяется способностью одновременно выполнять различные виды деятельности или нескольких действий в процессе одной деятельности. При оценке внимания говорят о ширине его распределения.

Существуют профессии, для которых внимание играет ведущую роль (водитель, контролер, диспетчер). В таких случаях говорят о тех или иных характеристиках внимания как о про-



фессионально важных качествах. Внимание непосредственно связано и с вопросами качества, и с вопросами безопасности труда. Практика показывает, что чаще всего несчастные случаи происходят из-за «невнимания» и вследствие того, что «не хватило внимания». Поэтому характеристики внимания необходимо учитывать как при профессиональном отборе, так и при расстановке кадров.

Сотрудник в современной организации является работником умственного труда, если в силу занимаемой им должности или имеющихся знаний он отвечает за деятельность, которая непосредственно влияет на способность данной организации функционировать и добиваться результатов. Например, это может быть способность организации увеличивать свою долю на рынке товаров и услуг. Такой человек обязан принимать решения; его деятельность не может сводиться только к исполнению приказов. Он должен также нести ответственность за свою деятельность. Предполагается, что в силу своих знаний он более чем кто-либо другой способен принимать правильные решения. Но его предложения могут и отвергаться, и он может быть понижен в должности или уволен, и это накладывает соответствующую эмоциональную нагрузку на работника.

Труд руководителей и специалистов, которые в силу своего положения или имеющихся знаний должны в ходе своей деятельности принимать решения, оказывающие значительное воздействие на результат работы всей организации можно отнести к интеллектуальному труду. Деятельность, в которой основной движущей силой являются знания, не поддается количественному измерению. Эту деятельность нельзя измерять по произведенным затратам. Интеллектуальная деятельность определяется по её результатам.

Высшей формой умственного труда является творчество. Творческим трудом является труд писателей, композиторов и других представителей искусства, а также труд ученых, изобретателей. Элементы творчества включает в себя и труд инженера. Напряжённость творческого труда с точки зрения физиологии объективно оценить ещё более трудно, и поэтому соответствующих критериев в настоящее время не существует.

***Главной тенденцией развития общественного труда на***

*современном этапе* является его интеллектуализация, проявляющаяся в повышении удельного веса занятых умственным трудом, повышение значения интеллектуального труда в обществе. Во всех сферах современного производства интеллектуальный труд играет решающую роль. Выполнение функций интеллектуального труда требует от работника соответствующих способностей, определённого уровня интеллекта, высокого уровня профессиональных и общеобразовательных знаний. В соответствии с этим возрастает значение общего и специального образования в формировании соответствующих специалистов интеллектуального труда. В рыночном хозяйстве продукты интеллектуального труда становятся товарами, в силу этого возникает необходимость защиты прав их собственников от посягательств третьих лиц. В связи с этим интеллектуальная собственность охраняется и регулируется законодательно. Регулирование обеспечивается определёнными нормами гражданского законодательства: нормами авторского права, нормами патентного права, нормами гражданского уголовного законодательства и законодательства о пресечении недобросовестной конкуренции.

#### **Лекция № 4. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием микроклимата на организм человека**

Вопросы:

1. Влияние микроклимата на организм человека
2. Теплообмен между организмом и окружающей производственной средой
  - 2.1. Общие терморегуляционные изменения в организме при различных метеорологических условиях на производстве.
  - 2.2. Изменения физиологических функций при тепловом воздействии.
  - 2.3. Изменения физиологических функций при воздействии инфракрасного излучения.
  - 2.4. Изменения физиологических функций при холодовом воздействии.
  - 2.5. Изменения физиологических функций под влиянием

подвижного воздуха.

2.6. Изменения физиологических функций при смене теплового и холодового воздействия.

3. Явление адаптации к метеорологическим условиям.

4. Заболевания, вызванные производственными метеорологическими условиями.

5. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-88 и СН 2.2.4.548-96)

5.1. Меры борьбы с чрезмерным тепловым воздействием на производстве

5.2. Меры борьбы с охлаждением работающих на производстве.

## **1. Влияние микроклимата на организм человека**

Здоровый и производительный труд возможен только при хорошем содержании рабочего места, его правильной организации. Удобная рабочая поза, отсутствие суеты, лишних движений, уют в помещении важны для производительности труда, для борьбы с преждевременным утомлением.

Существенное влияние на состояние организма человека, его работоспособность оказывает микроклимат (метеорологические условия) в производственных помещениях - климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения нагретых поверхностей.

Вызываемое метеорологическими условиями интенсивное тепловое или холодовое воздействие может привести к значительным изменениям жизнедеятельности организма и может привести к значительным изменениям жизнедеятельности организма и вследствие этого к снижению производительности труда, повышению общей заболеваемости работающих. Поэтому проблема создания благоприятных метеорологических условий на производстве уделяется в гигиене труда большое внимание.

Микроклимат производственных помещений в целом, так и на отдельных рабочих местах, часто очень изменчив и зависит

от метеорологических условий наружной атмосферы, мощности источников тепловыделений и теплопоглощения в производственных помещениях, расположения рабочего места среди тепловыделяющих и теплопоглощающих агрегатов, расстояния рабочего места до проемов, через которые поступает наружный воздух, а также воздухообмена. В общем, все, что в основном, влияет на тепловое состояние организма человека и его теплообмен с окружающей средой. Метеорологические условия, особенно температура воздуха и интенсивность инфракрасного излучения, меняются на протяжении рабочей смены, различны на отдельных участках одного и того же цеха, неравномерны по вертикали и горизонтали.

Отдельные компоненты метеорологического фактора характеризуются следующими особенностями.

**Нагретость воздуха.** Во многих цехах металлургической, машиностроительной, химической промышленности, на ряде производств промышленности строительных материалов, легкой и пищевой промышленности и др. производственный микроклимат характеризуется высокой температурой воздуха, часто в сочетании с инфракрасным излучением.

Это обуславливается:

- Технологическим оборудованием, вмещающим высоконагретые продукты (плавильные, обжигательные, нагревательные, сушильные печи, паровые котлы и т.п.);

- Нагретыми до высокой температуры обрабатываемыми материалами и готовыми предметами (расплавленный металл, стекло, поковки и т.п.);

- Выделение тепла при экзотермических химических реакциях;

- Выбиванием горячих паров и газов через неплотности печей, аппаратов, труб, паропроводов и др.;

- Переходом в теплоту электрической и механической энергии движущихся станков и механизмов, например, в текстильной промышленности;

- Нагревом помещения прямыми солнечными лучами, особенно в летнее время в южных районах (инсоляция).

Тепловыделения от указанных источников часто настоль-

ко велики, что значительно превышают теплотери через наружные ограждения зданий и вызывают значительную нагре-тость воздуха. По существующим «Санитарным нормам проек-тирования промышленных зданий» (СН-245-71) тепловыделе-ния, не превышающие 20 ккал на 1м<sup>2</sup> помещения в час, счита-ются незначительными, и цехи с такими тепловыделениями от-носятся к холодным. Цехи же с тепловыделениями, превышаю-щими 20 ккал на 1м<sup>2</sup> помещения в час, относятся к горячим.

В отдельных цехах высокая нагре-тость воздуха сочетается с высокой влажностью (красильные цехи текстильной промыш-ленности, целлюлозные комбинаты и др.).

В ряде производств работа выполняется при низкой тем-пературе в специальных рабочих помещениях (бродильные от-деления пивоваренных заводов, холодильники и др.) или на от-крытом воздухе в зимний и переходные периоды года (строи-тельные работы, лесозаготовки, рыбные промыслы и др.). Близ-кие к этим условия могут наблюдаться в различных производ-ствах при работах в неотапливаемых производственных поме-щениях в эти периоды года.

***Инфракрасное излучение.*** Важной особенностью произ-водственного микроклимата является инфракрасное излучение.

По своей физической природе оно представляет невиди-мое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 мк до 1 мм в виде потока частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами.

Инфракрасное излучение является функцией теплового состояния источника излучения. Общая мощность излучения и распределение его по отдельным участкам спектра зависят от абсолютной температуры излучающего тела. По классификации, предложенной МОК в 1963 г., выделяются три области инфра-красного излучения (ИК- излучения):

- ИК-А ( от 0,78 до 1,4 мк),
- ИК-В ( от 1,4 до 3 мк)
- ИК-С (от 3 мк до 1 мм).

Распространяясь от источника излучения в виде электро-магнитных волн, инфракрасные лучи, поглотившись тканями человеческого тела, вызывают наряду с разнообразными изме-

нениями в организме их нагревание.

Инфракрасное излучение подчиняется следующим основным законам, установленным применительно к абсолютно черному телу (т.е. поглощающему все направленное на него излучение):

1. Лучеиспускание обуславливается только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды (закон Прево — Кирхгофа).

2. С повышением температуры излучающего тела мощность излучения увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры (закон Стефана — Больцмана):

$$E = KT^4,$$

где  $E$  — мощность излучения;  $K$  — константа  $= 1,38 \cdot 10^{-12}$  малых калорий в секунду.

3. Произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны излучения с максимальной энергией  $\lambda_{max}$  есть величина постоянная (первый закон Вина — закон смещения):

$$\lambda_{max} \cdot T = K$$

причем  $K=2960$ , если  $\lambda_{max}$  выражается в микронах.

Из этих законов вытекает, что с повышением температуры излучающего тела:

- а) возрастает энергия излучения во всех участках спектра;
- б) максимум энергии излучения перемещается в сторону волн с меньшей длиной.

Законы эти имеют очень важное гигиеническое значение, так как исходя из закона смещения Вина и данных о температуре излучающего тела, можно составить представление о спектральной характеристике излучающего тела. Используя в несколько измененном виде формулу, вытекающую из закона Стефана — Больцмана, можно определить величину теплообмена излучением в производственных условиях.

Температура нагрева поверхности большинства производственных источников излучения (печи, электрические дуги, нагретый металл и др.) от 800 до 3500°; максимум излучения у них при-

ходится на длину волны от 0,7 до 3—9 мк. Так, например, плавильные печи излучают поток с  $\lambda_{\max} = 1,65$  мк, электроплавильные печи — 1,9 мк, жидкий чугун, шлак при температуре 1300° — 1,8 мк, электрическая дуга электроплавильных печей — 0,95 мк.

Наряду с такими источниками излучения в производственных помещениях часто на одном и том же рабочем месте находятся предметы с более низкой температурой нагрева (50—100°), например, поверхности оборудования, трубопроводы, различного рода ограждения и др., которые излучают поток инфракрасной радиации иного спектрального состава. Этот вид излучения отличается преимущественно длинноволновыми лучами. Спектр инфракрасного излучения тела человека — от 2,5 до 20—25 мк с  $\lambda_{\max}$  9,3—9,4 мк.

Для оценки возможного воздействия инфракрасного излучения на работающих важное значение наряду со спектральной характеристикой имеет интенсивность излучения. Она измеряется количеством малых калорий, падающих на 1 см<sup>2</sup> поверхности в минуту или больших калорий на 1 м<sup>2</sup> в час. Интенсивность теплового излучения на рабочих местах при отдельных производственных операциях колеблется от 0,1 до 15—18 кал/см<sup>2</sup>/мин и даже выше. Следует отметить, что тепловой эффект иррадиации солнечного излучения на поверхности земли не превышает 1,3—1,5 кал/см<sup>2</sup>/мин. По мере удаления рабочего места от источника излучения интенсивность потока уменьшается.

**Влажность воздуха.** В прямой зависимости от технологического процесса может быть и влажность воздуха производственных помещений. На ряде производств относительная влажность очень высока (80—100%). Источниками влаговыделений являются заполненные растворами различные ванны, красильные и промывные аппараты, емкости с водой и водными растворами и др., особенно если эти растворы подвергаются нагреванию и создаются условия для свободного испарения (красильно-отделочные фабрики, травильные и гальванические отделения машиностроительных заводов, кожевенное, бумажное и другие производства).

В отдельных цехах высокая влажность поддерживается искусственно, при помощи специальных увлажнительных установок (в прядильных и ткацких цехах). В цехах, где имеется вы-

сокая относительная влажность, способность воздуха воспринимать дополнительную влагу резко ограничена, поэтому понижение температуры воздуха в таких цехах приводит к образованию тумана и конденсации паров в более крупные капли.

**Движение воздуха.** Движение воздуха внутри производственных помещений вызывается неравномерным нагреванием воздушных масс в пространстве. В горячих цехах из-за наличия больших нагретых поверхностей мощные конвекционные воздушные потоки, направленные кверху, являются причиной возникновения в зимний период мощных потоков холодного воздуха, врывающихся снаружи с большой скоростью через двери, ворота и другие проемы; то же наблюдается в производственных помещениях с резким преобладанием объемов воздуха, отсасываемого вытяжными вентиляционными установками, над притоком.

Движение воздуха может быть использовано в качестве оздоровительного мероприятия при высокой температуре воздуха и при инфракрасном излучении — «воздушные души».

Для некоторых цехов характерна недостаточная подвижность воздуха, создающая тягостное ощущение духоты (текстильная, швейная промышленность и др.).

В зависимости от преобладания теплового или холодного воздействия на организм работающих можно выделить наиболее важные с гигиенической точки зрения комплексы метеорологических условий:

1) **нагревающий** (например, на ряде участков в доменных, прокатных, кузнечно-прессовых, чугунолитейных, термических цехах, в котельных, печных цехах химических производств, на стекольных, сахарных и других производствах);

2) **охлаждающий** (например, при низкой температуре окружающей среды на судостроительных верфях, торфо- и лесоразработках, строительных работах, рыбных промыслах, железнодорожном, водном транспорте, в холодильных цехах);

3) **переменно охлаждающий и нагревающий** (например, некоторые участки в нефтяной, машиностроительной, металлургической промышленности);

4) **умеренного термического действия** (большинство цехов типа механосборочных и др.).



## 2. Теплообмен между организмом и окружающей производственной средой

Тепловой обмен человеческого организма с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате жизнедеятельности организма и отдачей или получением им тепла из внешней среды. Характер и интенсивность теплообмена между человеком и окружающей средой зависят от метеорологических условий среды, теплопродукции организма работающего, функционального состояния организма, передачи тепла от глуболежащих тканей к коже.

Свойство человеческого организма поддерживать тепловой баланс называется *терморегуляцией*. Нормальное протекание физиологических процессов в организме возможно лишь тогда, когда выделяемое организмом тепло непрерывно отводится в окружающую среду. Несмотря на то, что параметры микроклимата производственных помещений могут значительно колебаться, температура тела человека остается постоянной (36,6 °С).

Отдача теплоты организмом человека во внешнюю среду происходит тремя основными способами (путями):

- конвекцией,
- излучением
- испарением.

Под *конвекцией* понимается непосредственная отдача тепла с поверхности человеческого тела менее нагретым притекающим к нему слоям воздуха. Интенсивность теплоотдачи пропорциональна площади поверхности тела, разности температуры тела и окружающей среды и скорости движения воздуха.

По известному закону охлаждения Ньютона количество тепла, передаваемого посредством конвекции в единицу времени, определяется следующим уравнением:

$$H = CS(T - T_0) \text{ больших калорий / м}^2 \text{ / час. град. с,}$$

где  $H$  — теплоотдача в больших калориях в час;  $S$  — площадь поверхности в квадратных метрах;  $T$  — температура тела;  $T_0$  — температура воздуха (в градусах Кельвина);  $C$  — коэффи-

циент теплоотдачи (величина, не зависящая от этих температур, но зависящая от скорости движения воздуха).

По данным ряда авторов, теплоотдача конвекцией у людей в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях составляет 14,2—33,1% общей теплоотдачи организма.

Отдача тепла *излучением* происходит в направлении поверхностей с более низкой температурой. Передача тепла ИК-излучением в производственных условиях является одним из наиболее мощных путей теплообмена человека с окружающей средой и составляет в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях 43,8—59,1% общей теплоотдачи.

Количество передаваемой этим путем тепловой энергии определяется законом Стефана — Больцмана. По этому закону удельная мощность излучения с повышением температуры излучающего тела увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры. Для характеристики теплообмена излучением между двумя излучающими поверхностями принято следующее уравнение:

$$E = C_1 C_2 K (T_1^4 - T_2^4).$$

где  $E$  — теплоотдача в малых калориях;  $C_1$  и  $C_2$  — константы излучения поверхностей;  $K$  — константа =  $1,38 \cdot 10^{-12}$  малых калорий в секунду;  $T_1$  и  $T_2$  — температура поверхностей (в градусах Кельвина), между которыми происходит теплообмен излучением.

Следовательно, чем выше температура источников тепловыделения, тем больше по сравнению с конвекцией удельное значение отдачи тепла излучением. Следует отметить, что в то время как интенсивность теплоотдачи конвекцией возрастает с повышением скорости движения воздуха, теплоотдача излучением не зависит от нее: воздух для инфракрасного излучения теплопрозрачен.

В ряде случаев в производственных условиях некоторое гигиеническое значение приобретает и передача тепла кондукцией, наблюдающаяся при соприкосании поверхности тела ра-

ботающего с охлажденным или нагретым оборудованием, материалами.

Большое место в теплообмене между работающим и окружающей средой занимает отдача тепла *испарением* влаги с поверхности тела человека. При этом наиболее важное гигиеническое значение принадлежит так называемому физиологическому дефициту влажности, представляющему собой разность между максимальной влажностью при температуре кожи (не при температуре воздуха) и абсолютной влажностью воздуха. Эта величина характеризует возможность насыщения воздуха в данных условиях водяными парами при испарении влаги с поверхности кожи и верхних дыхательных путей. Чем больше физиологический дефицит влажности, тем больше испарение, тем выше теплоотдача этим путем. На испарение 1 г влаги требуется около 0,6 ккал. На долю испарения в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях приходится 21,7—29,1 всей теплоотдачи человека.

При высокой температуре воздуха и окружающих поверхностей теплоотдача испарением значительно возрастает, при низких температурах удельный вес ее ниже.

Наконец, на характер и величину теплообмена путем теплоотдачи с поверхности человеческого тела влияет также *подвижность воздуха*. Подвижный воздух благоприятствует отдаче тепла конвекцией вновь притекающим слоям воздуха более низкой температуры, ускоряется испарение влаги с поверхности тела.

Сложный процесс теплообмена в различной степени зависит от физических условий окружающей среды — от степени и сочетания нагретости, влажности и подвижности воздуха и нагретости окружающих поверхностей и, как будет показано в дальнейшем изложении, от состояния физиологических функций организма.

В качестве примера анализа теплообмена при одном из таких сочетаний можно привести следующее. Допустим, что работа средней тяжести (потребление 0,5—1 л кислорода) производится в условиях высокой температуры воздуха (33—35°), инфракрасного излучения (1,5 ккал/см<sup>2</sup>/мин), высокой относительной влажности (70%) и незначительной скорости движения воздуха (порядка 0,2—0,3 м/сек).

Невозможность отдать тепло излучением (температура производственного источника излучения значительно выше температуры поверхности тела человека), конвекцией и проведением (температура воздуха близка к температуре кожи и внутри организма) способствует накоплению тепла в организме. Незначительная часть тепла отдается лишь испарением пота с поверхности тела, поскольку содержание водяных паров в воздухе достигает всего 70% максимального. При 33—35° это 26,11 г/м<sup>3</sup>, максимальная же влажность при этой температуре 37,37 г/м<sup>3</sup>. Следовательно, в воздух на рабочем месте может испариться всего 11,26 г/м<sup>3</sup> и тем самым отнять 6,75 ккал. Подвижный воздух высокой температуры и небольшой скорости в приведенных условиях способствует лишь некоторому ускорению испарения пота.

Легче справился бы организм с тем же тепловым воздействием (нагретый воздух, нагретые окружающие поверхности) при меньшей влажности воздуха, хотя потоотделение связано со значительным напряжением ряда функций организма.

Наличие источников тепла и высокой влажности в окружающей среде при выполнении физически тяжелой работы даже при значительной подвижности воздуха затрудняет теплоотдачу организмом, предъявляет высокие требования к терморегуляции, а при нарушении ее приводит к возникновению патологических изменений в организме.

Такого же рода анализ позволит правильно оценить с гигиенической точки зрения и другие сочетания метеорологических условий, в частности, характеризующиеся в основном низкой температурой воздуха и окружающих поверхностей. Чрезмерно большая теплоотдача в этих условиях оказывается неблагоприятной для поддержания устойчивого теплового состояния организма и приводит в случае недостаточной терморегуляции к переохлаждению.

Таким образом, в производственных условиях, когда температура воздуха и окружающих поверхностей ниже температуры поверхности кожи, теплоотдача осуществляется преимущественно конвекцией и излучением. Если же температура воздуха и окружающих поверхностей такая же, как температура кожи, или выше ее, теплоотдача возможна лишь испарением влаги с

поверхности тела и с верхних дыхательных путей, если воздух еще не насыщен водяными парами.

Гигиеническое значение отдельных видов отдачи или поглощения тепла не исчерпывается количеством тепла, отдаваемого или воспринимаемого организмом человека. Участие различных физиологических механизмов в процессе теплообмена приводит к тому, что при количественно одинаковой потере (или поступлении в организм) тепла, осуществляемой различными путями, реакции организма, лежащие в основе сложного координаторного процесса терморегуляции, различны и не всегда биологически равноценны для организма.

## **2.1. Общие терморегуляторные изменения в организме при различных метеорологических условиях на производстве**

Терморегуляция является одним из наиболее важных физиологических механизмов, с помощью которых поддерживается относительное динамическое постоянство функций организма при различных метеорологических условиях и разной тяжести выполняемой работы. Оно обеспечивается установлением определенного соотношения между теплообразованием (*химическая терморегуляция*) и теплоотдачей (*физическая терморегуляция*).

Анализируя тепловое состояние организма в зависимости от метеорологических условий окружающей среды, можно отметить несколько наиболее характерных зон термического воздействия на организм и в связи с этим соотношение теплообразования и теплоотдачи.

Наиболее высокий уровень потребления кислорода соответствует зоне низких температур окружающей среды от  $-15^{\circ}$  до  $-20^{\circ}$ . При температуре окружающей среды от  $0$  до  $15^{\circ}$  и при постоянной (или близкой к ней) температуре тела потребление кислорода *снижается*. При температуре окружающей среды от  $15$  до  $25^{\circ}$  наблюдается постоянный уровень потребления кислорода (*зона безразличия*). При таких температурных условиях устойчивое тепловое состояние организма обеспечивается главным образом физической терморегуляцией. Интервалу между  $25^{\circ}$  и  $35^{\circ}$  соответствует зона пониженного потребления кисло-

рода. И, наконец, при еще более высокой температуре окружающей среды (35—45°) снова наблюдается повышенное теплообразование и наряду с ним повышение температуры тела.

Мышечная деятельность изменяет реактивность организма, в частности, к термическим раздражителям. Отсюда и различные терморегуляторные реакции на метеорологические условия при работе и в покое.

Сложный процесс теплообмена регулируется центральными терморегуляторными образованиями, корой головного мозга.

Современные представления о центральном нервном механизме терморегуляции основываются на признании существования гипоталамических, таламических, стриарных и корковых центров терморегуляции. Особое место в их ряду принадлежит гипоталамической области, где, по данным многих исследователей, осуществляется основная регуляция теплопродукции или теплоотдачи при различных метеорологических условиях.

При высокой температуре окружающей среды механизм теплоотдачи связан с расширением периферических сосудов, понижением теплопродукции, усилением потоотделения. При низкой температуре участие гипоталамической области в терморегуляции проявляется в сужении сосудов, повышении обмена веществ, использовании углеводных ресурсов и др.

Корковые центры терморегуляции играют существенно важную роль в обеспечении тонкого приспособления организма к метеорологическим условиям окружающей среды. Многими исследованиями установлен условно рефлекторный механизм терморегуляции у человека в производственных условиях. После ряда сочетаний с термическим раздражителем сами по себе производственная обстановка, время исследования вызывают изменения, соответствующие действовавшим ранее сочетаниям с термическим раздражителем.

Среди физиологических механизмов, с помощью которых устанавливается соответствующее соотношение химической и физической терморегуляции, большую роль играет симпатическая нервная система. По симпатическим нервным волокнам импульсы от центральной нервной системы передаются мускулатуре и печени, участвующим в процессе химической регуляции.

С деятельностью симпатической нервной системы связа-

ны также характер и интенсивность теплоотдачи с поверхности кожи, и в этом особенно велика роль сосудистой реакции на тепловое и холодное раздражение. В зависимости от действия тепла или холода значительно меняется просвет периферических сосудов и тем самым кровоснабжение отдельных сосудистых областей, а следовательно, и условия для теплоотдачи организмом, для теплообмена с окружающей средой. По данным ряда исследователей, кровоснабжение, например, кисти и предплечья при низкой температуре окружающей среды может уменьшиться в 4 раза, а при высокой температуре — увеличиться в 5 раз.

## **2.2. Изменения физиологических функций при тепловом воздействии**

Сложный процесс физической и химической терморегуляции в производственных условиях характеризуется многообразными изменениями и взаимодействием физиологических функций работающего организма.

Температура открытых участков кожи при высокой температуре окружающей среды повышается от 35,5 до 37, 38°. Но в условиях той же температуры при физической работе, сопровождающейся значительным потоотделением, температура кожи значительно ниже, чем в условиях покоя, без выраженного потоотделения.

Температура тела, играющая важную роль в ряду безусловных раздражителей терморегуляционных механизмов, при работе в условиях высокой температуры окружающей среды может повышаться на несколько десятых градуса, а при нарушениях терморегуляции — на 1—2° и больше.

У работающих при высокой температуре окружающей среды происходят изменения важнейших видов обмена веществ. Так, возникающее в этих условиях значительное потоотделение приводит к резкому нарушению водного обмена. Вместе с потом организм выделяет большое количество солей, главным образом хлористого натрия (до 20—50 г за сутки). Выведение большого количества хлористого натрия снижает способность крови удерживать воду, поэтому из организма выводится больше воды, чем ее введе-

но (до 5—8 л за смену), и вместе с ней удаляются хлористые натрий, калий, кальций. Таким образом нарушается водно-солевой обмен, создается отрицательный водный баланс.

Нарушение водного обмена приводит также к значительным изменениям белкового обмена. Возрастает распад белка тканей и выделение общего азота. Содержание общего белка в крови увеличивается главным образом за счет альбуминовых фракций, содержание глобулинов и фибриногена в крови падает. Повышается содержание в крови молочной кислоты, остаточного азота, мочевины.

Усиленное выведение хлоридов и связанное с этим уменьшение содержания ионов хлора в крови приводят к понижению кислотности желудочного сока. Вместе с потом из организма удаляются витамины, нарушается витаминный обмен. В связи с чрезмерной потерей воды и соли наблюдается разжижение крови в начальной фазе потоотделения, затем сгущение ее, повышается вязкость крови, увеличивается содержание гемоглобина и число эритроцитов.

При высокой температуре окружающей среды происходит интенсивное перераспределение крови от внутренних органов к коже. Значительное потоотделение, расширение сосудов кожи сопряжены с изменением деятельности сердечнососудистой системы.

В условиях высокой температуры не только при работе, но и в состоянии покоя происходит значительное рефлекторное учащение пульса — до 100 ударов в минуту и больше, увеличение минутного объема сердца, уменьшение окислительной способности клеток.

Мышечная деятельность при высокой температуре окружающей среды вызывает значительное учащение пульса как во время работы, так и после нее (до 100—140—180 ударов в минуту). Резко замедляется восстановление исходной частоты пульса.

У работающих при высокой температуре окружающей среды артериальное давление падает, но при наступающем перегревании наблюдается повышение максимального и понижение минимального кровяного давления. Последнее связано с расширением сосудов и падением сопротивления на периферии.



Дыхание в этих условиях учащается, соответственно возрастает и минутный объем дыхания.

Многообразны изменения функций внутренних органов в связи с тепловым воздействием на организм. Печень отвечает усилением таких чрезвычайно важных функций, как мочевинообразовательная и антитоксическая, и снижением гликогенообразовательной. Уменьшается секреция желудочного и поджелудочного сока, желчи, угнетается моторика желудка. Понижается содержание углекислоты в крови. В связи с интенсивным тепловым воздействием наблюдается снижение силы условных рефлексов, усиление тормозных процессов, растормаживание дифференцировки, понижение пищевой возбудимости.

### **2.3. Изменения физиологических функций при воздействии инфракрасного излучения**

Чрезвычайно важной особенностью воздействия инфракрасного излучения на организм является способность этих лучей различной длины волны проникать на разную глубину и поглощаться соответствующими тканями. Длинные инфракрасные лучи 6—14 *мк* задерживаются в поверхностных слоях кожи, в значительной степени уже на глубине 0,1—0,2 *мм*. В роговом слое кожи лучи с длиной волны меньше 2,75 *мк* задерживаются в количестве 25—40%, с длиной волны 4—5,5 *мк* — 30—50%, с длиной волны меньше 6 *мк*—100%. Короткие инфракрасные лучи (0,76—1,4 *мк*) проникают в ткани человеческого тела на несколько сантиметров.

Детально изучено проникание инфракрасного излучения в глазных средах. Максимум излучения, достигающего роговицы и передней камеры, приходится на короткие лучи с длиной волны 1,5—1,7 *мк*, а излучения, достигающего хрусталика,— около 1,3 *мк*. Поглощаются коротковолновые лучи в значительном количестве хрусталиком, радужной и сосудистой оболочками. Меньшее значение в отношении глазных сред имеют длинноволновые лучи (с длиной волны выше 2,4 *мк*).

Короткие инфракрасные лучи проникают также через кожу головы, через черепную коробку в мозговые оболочки, мозговую ткань и действуют непосредственно на различные кле-

точные образования.

Интенсивность и характер воздействия инфракрасных лучей на организм зависят от предшествующего состояния организма, тренированности облучаемой поверхности к инфракрасным лучам, площади облучения, его продолжительности и периодичности и, наконец, от сопутствующих факторов производственной обстановки и характера трудового процесса.

Инфракрасное излучение оказывает общее и местное воздействие на организм. **Общая реакция** на облучение проявляется в повышении температуры кожи не только на облучаемой поверхности, но и на отдаленных от места облучения участках. Чем мощнее излучение, тем быстрее наступает максимум температуры на облучаемом участке кожи. При одной и той же интенсивности излучения температура кожи повышается тем меньше, чем короче длина волны.

При облучении коротковолновыми инфракрасными лучами, проникающими в глуболежащие ткани, наблюдается также повышение температуры легких, головного мозга, почек, желез, мышц.

Мало изменяется под влиянием инфракрасного излучения температура тела; лишь при выполнении в условиях инфракрасного облучения значительной мышечной работы температура тела повышается на 1,5— 2°. Повышается она также в случаях наступившего нарушения терморегуляции вследствие облучения обширной поверхности тела.

Под влиянием инфракрасного излучения наблюдается образование в коже, крови и спинномозговой жидкости специфических биологически активных веществ типа гистамина, холина, аденозина. Повышается активность холинэстеразы, усиливается секреторная деятельность желудка, поджелудочной железы, слюнных желез.

По данным ряда исследователей, происходят также изменения обмена веществ в виде нерезкого снижения потребления кислорода, повышенного содержания азота в крови, увеличенного расщепления белка.

Во время инфракрасного облучения и непосредственно после него на протяжении длительного времени происходит снижение поверхностного натяжения крови.

В зависимости от интенсивности и спектрального состава инфракрасной радиации протекает сосудистая реакция: коротковолновая вызывает расширение сосудов, длинноволновая — сужение.

Инфракрасное облучение оказывает влияние на функциональное состояние центральной нервной системы — происходят изменения, свидетельствующие о преимущественном развитии тормозного процесса: затруднение передачи нервного возбуждения в синапсах, понижение электрической чувствительности глаза, увеличение скрытого периода зрительно-моторной реакции, угасание условнорефлекторных сосудистых реакций.

В связи с инфракрасным облучением изменяется и нервно-мышечная возбудимость.

#### **2.4. Изменения физиологических функций при холодовом воздействии**

Наиболее выраженной реакцией на холодовое воздействие является сужение сосудов мышц и кожи, главным образом поверхностных. Сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи носа, лица в отличие от изменений сосудов внутренних органов чередуется с реактивным расширением их.

Эти рефлекторные чередования сужения и расширения сосудов обуславливаются непрерывающейся импульсацией с периферии в высшие сосудодвигательные центры и обеспечивают ток крови, необходимый для уменьшения теплоотдачи.

Важной особенностью возникающего при охлаждении состояния сосудов является также сохранение их тонуса. Каждое новое холодовое раздражение вызывает повторный спазм. Лишь на очень резкое охлаждение периферические сосуды отвечают длительным спазмом.

Сосудистые изменения регулируются главным образом вазомоторными механизмами и зависят от вызываемых **холодовым** раздражением основных нервных процессов в вазомоторном центре. Наряду с этим можно думать и о частичном действии холода непосредственно на кровеносные сосуды. Так, описанные сосудистые изменения наблюдались при охлаждении и после симпатэктомии.

Серьезного внимания заслуживают рефлекторные, или отраженные, сосудистые реакции на холод. При действии его на ограниченную поверхность кожи происходит ослабление кровотока и на других, неохлажденных, участках тела. Так, при охлаждении нижних конечностей наблюдается понижение температуры слизистой оболочки носа и пищевода.

При охлаждении повышается вязкость крови; вследствие этого уменьшается скорость кровотока и тем самым общее количество крови, притекающей к периферии в единицу времени.

Во время охлаждения происходит урежение пульса, удерживающееся и в период, следующий за охлаждением на протяжении 60—80 минут. Описанные изменения кровотока при охлаждении наблюдаются не только в периферических сосудах кожи, мышц, слизистой, но и в сосудах глубоколежащих органов, например, почек.

Вазомоторные реакции на холодовое раздражение, обуславливающие резкое сужение просвета капиллярной сети, сопряжены с повышением кровяного давления.

При переохлаждении, вследствие рефлекторного угнетения деятельности центров сосудосуживающих нервов снижается максимальное артериальное давление.

При охлаждении заметно увеличивается объем дыхания. Ритм дыхания во время умеренного охлаждения, как правило, остается устойчивым, лишь при резком охлаждении наблюдается значительное его учащение.

При длительном пребывании в условиях низкой температуры окружающей среды заметно увеличивается минутный объем дыхания. В связи с мышечной работой в тех же условиях усиливается легочная вентиляция, и тем больше, чем ниже температура.

По мере удлинения периода охлаждения и снижения температуры окружающей среды возрастает потребление кислорода. При одинаковой длительности охлаждения потребление кислорода тем больше, чем ниже температура воздуха окружающей среды. В связи с мышечной работой, выполняемой при низкой температуре, происходит перераспределение крови, увеличение ее притока к работающим органам, главным образом к конечностям, вследствие чего усиливается теплоотдача. Наряду с этим

при работе средней тяжести в условиях низкой температуры повышается потребление кислорода, что не отмечается при чрезмерно интенсивной мышечной работе. Возможно, что в последнем случае импульсация с рецепторов мышц оказывается более мощной, чем импульсация с терморепцепторов кожи, на которую действует холодовой раздражитель, и терморегуляторное усиление обмена в связи с охлаждением не поступает.

Значительные изменения в связи с охлаждением претерпевает углеводный обмен: повышается гликогенолиз и понижается способность тканей удерживать углеводы. При охлаждении усиливается секреция адреналина. Значение его при охлаждении особенно велико в связи с тем, что он стимулирует клеточный обмен и уменьшает теплоотдачу, ограничивая кровоснабжение кожи.

Одним из наиболее ранних признаков охлаждения, характеризующим и сосудистую реакцию на холодовое раздражение, является изменение температуры кожи. Уже в первые минуты охлаждения значительно снижается температура кожи обычно открытых участков тела — **лба**, предплечья и особенно кисти. В то же время температура кожи обычно закрытых участков (груди, спины) благодаря рефлекторному расширению сосудов даже несколько повышается.

Сравнительное изучение температуры воздуха пододежного пространства и у открытой поверхности тела позволяет считать доказанным, что холодовый эффект возникает в результате раздражения воздухом более низкой температуры рецепторов обычно открытого, даже незначительного по площади, участка кожи.

Температура тела, по данным ряда исследователей, в начале охлаждения повышается до  $37,2—37,5^{\circ}$ . В дальнейшем температура тела снижается, особенно резко в более поздних стадиях охлаждения. Температура отдельных внутренних органов (печени, поджелудочной железы, почек и др.) при охлаждении рефлекторно повышается на  $1—1,5^{\circ}$ .

Охлаждение вызывает нарушение рефлекторной деятельности, ослабление и даже полное исчезновение рефлексов, снижение тактильной и других видов чувствительности. Восстановление частоты пульса, кровяного давления, легочной вентиляции после работы при низкой температуре наступает значительно

но медленнее, чем при температуре обычной.

Как показали исследования А.А. Летавета и А.Е. Малышевой, особое значение в условиях производства приобретает охлаждение, вызываемое излучением тепла телом человека в направлении поверхностей с более низкой температурой (*радиационное охлаждение*).

При радиационном охлаждении наблюдается более резкое падение температуры кожи и температуры тела, чем при охлаждении конвекционным, причем восстановление ее протекает медленнее; отсутствует описанная выше сосудосуживающая реакция на охлаждение, а также обычное для конвекционного охлаждения повышение теплопродукции. Неприятное же ощущение холода при неизменяющейся теплопродукции возникает, очевидно, вследствие излучения с глубоколежащих тканей.

Наиболее существенная черта радиационного охлаждения — вялая, замедленная реакция терморегуляторного аппарата в результате отсутствия кортикальных сигналов на радиационное охлаждение, обычно не встречающееся изолированно от охлаждения конвекционного и не сопровождающееся адекватным термическим раздражением (Слоним). Изменения, возникающие под влиянием радиационного охлаждения, носят более стойкий характер.

Наконец, следует выделить еще один вид производственного охлаждения работающих — при непосредственном соприкосновении работающего с охлажденными материалами. Такого рода охлаждение носит не только резко выраженный местный, но и общий характер с рядом рефлекторных нарушений отдельных функций.

## **2.5. Изменение физиологических функций под влиянием подвижного воздуха**

Представления о влиянии подвижности, как и влажности воздуха, на отдельные физиологические функции еще недостаточны. Все же следует иметь в виду своеобразное физиологическое действие подвижного воздуха, определяемое его физическими особенностями: сочетанное воздействие *термических* (определенной температуры) и *механических* (давление при

определенной скорости потока) свойств подвижного воздуха.

Воздействие потока при этом не ограничивается физическим «снятием» тепла. Возбуждая термо- и механорецепторы кожи, воздушный поток вызывает изменения ряда функций организма, в том числе те из них, путем которых осуществляется терморегуляция.

Даже малая скорость потока, недостаточная для обеспечения существенных изменений метеорологических условий на рабочем месте, при действии на открытую поверхность кожи оказывается часто физиологически достаточной для нормализации функций организма, нарушенных вследствие предшествовавшего теплового воздействия. Наряду с этим специальными исследованиями было доказано, что создание большой скорости движения воздуха (выше 2 м/сек) нецелесообразно.

Обращает на себя внимание роль баро- и терморепторов в реакции организма на действие подвижного воздуха. Подвижный воздух низкой температуры очень быстро вызывает сужение сосудов, если он направлен на участки кожи (например, лица), афферентная импульсация с которой ведет к выработанному до этого сосудистому рефлексу— сужению сосудов. Но стоит оставить для доступа подвижного воздуха только дыхательные пути, рецепторы которых не обладают такой способностью импульсации, как рецепторы тренированных к термическому и баровоздействию участков кожи лица, и сосудосуживающий рефлекс становится значительно менее выраженным.

## **2.6. Изменение физиологических функций при смене теплового и холодового воздействия**

Огромное количество трудовых операций по самому характеру производственного процесса связано с перемещением работающих из одной зоны в другую с различными метеорологическими условиями; некоторые из этих зон могут находиться не только в пределах закрытого помещения, но и вне его. Отсюда и весьма значительные в различные сезоны года температурные перепады в этих зонах – от незначительных величин, порядка 3—5°, до чрезвычайно больших — 60 -70°.

Переменному нагреванию и охлаждению в производствен-

ных условиях подвергаются работающие и при переходе из зоны с интенсивным теплоизлучением в зону, характеризующуюся низкой температурой воздуха и окружающих поверхностей.

Особенно важное значение в реакции организма на смену термического воздействия приобретает состояние организма, вызванное предшествующим нагреванием или охлаждением. При этом основное значение приобретают не сама по себе величина перепада (разность температур), а параметры температур, в пределах которых образовалась указанная величина.

При достаточно интенсивном охлаждении обычно наблюдается повышение потребления кислорода. При охлаждении же непосредственно после длительного пребывания в условиях высокой температуры терморегуляторная деятельность снижена; потребление кислорода удерживается на уровне, установившемся во время нагревания, а к концу охлаждения оно даже ниже, чем в исходном состоянии. Снижается в этих условиях легочная вентиляция. На протяжении обычного периода восстановления после охлаждения не достигает исходной величины температура кожи и тела, установившаяся во время нагревания. Частота пульса восстанавливается уже в первые 10 минут охлаждения, однако дальнейшее учреждение, как это наблюдается без предварительного нагревания, в рассматриваемых случаях не наступает. При переходе из помещения с температурой воздуха  $17^{\circ}$  в помещение с более низкой температурой воздуха ( $8,5-7^{\circ}$ ) частота пульса уменьшается на 14—16 ударов.

При охлаждении, следующем за нагреванием, уменьшается и пульсовое давление, главным образом за счет повышения диастолического и уменьшения систолического давления.

Об общей реакции организма на производственные метеорологические условия можно судить и по изменениям теплового самочувствия работающих, в определенной мере характеризующего степень устойчивости теплового состояния организма.

### **3. Явление адаптации к метеорологическим условиям**

В производственных условиях важное значение приобретают изменения в организме, вызванные повторяющимся изо дня в день в течение длительного периода охлаждением или



нагреванием. У работающих постепенно образуется новый функциональный уровень организма, часто наступает физиологическое приспособление к производственным термическим воздействиям.

Нервные и гуморальные механизмы адаптации связаны с кортикальными сигналами на терморегуляторную теплопродукцию.

Множественное тепловое воздействие вызывает: значительное снижение основного обмена, брадикардию, уменьшение артериального давления, увеличение потоотделения, повышение содержания жировых веществ в поту за счет более активной деятельности сальных желез и увеличения выделения кожного сала, уменьшение концентрации хлоридов в поту и тем самым меньшую потерю солей при значительном потоотделении. Последнее, возможно, происходит в связи с повышением активности адренокортикотропного гормона (АКТГ). Секреция желудочного сока, как и содержание в нем хлоридов и кальция, снижается.

Более устойчивой становится температура тела, более умеренным — учащение пульса во время работы; увеличивается по мере адаптации работоспособность.

При многократном воздействии в течение длительного периода производственного инфракрасного облучения у адаптированных рабочих повышается выносливость к инфракрасным лучам не уменьшается величина пороговой интенсивности инфракрасного облучения, воспринимаемой кожей, а также выражено меньше, чем у неадаптированных, нарастание температуры кожи, увеличение потоотделения, снижение артериального давления.

При систематическом многократном холодовом воздействии происходит меньшее сужение сосудов кожи, большее кровоснабжение ее; быстрее, чем у людей, не адаптированных к холодovому воздействию, восстанавливается температура кожи, снижаются отраженные сосудистые реакции, повышается интенсивность окислительно-восстановительных процессов, усиливается тканевое дыхание, быстрее наступает повышение теплообразования (химическая терморегуляция); происходят и морфологические изменения в виде утолщения слоя кожи.

#### 4. Заболевания, вызванные производственными метеорологическими условиями

Стойкое нарушение терморегуляции, вследствие систематического перегревания или переохлаждения организма обусловливает возникновение ряда заболеваний.

В условиях высокой температуры окружающей среды включение отдельных или всех путей теплоотдачи приводит к перегреванию организма. В производственных условиях этому способствуют значительная мышечная деятельность, гормональные воздействия, усиливающие обмен веществ (гормоны щитовидной железы, надпочечников и др.).

*Картину перегревания* характеризуют следующие симптомы: резкое повышение температуры тела (до 40—41°), учащение пульса в 2— 2,5 раза, обильное профузное потоотделение, мышечная слабость, жалобы на неприятное ощущение жара, сердцебиение, жажду, головную боль. Уже в начальный период нарушения терморегуляции наблюдается вялая походка, расстройство координации других движений. В дальнейшем появляются тошнота, мелькание в глазах, сильная головная боль, головокружение, пошатывание, иногда неясное сознание. Описанная форма патологического нарушения терморегуляции, преобладающим симптомом которой является резкое повышение температуры тела, носит название тепловой гипертермии, или перегрева.

Другая форма перегревания характеризуется преобладанием нарушения водно-солевого обмена и известна под названием судорожной болезни. Температура тела при судорожной болезни в отличие от описанной выше тепловой гипертермии повышается незначительно. Мышечные боли в конечностях сменяются судорогами тонического характера. Изменения крови, функций нервной системы в основном те же, что и при тепловой гипертермии.

Первая помощь пострадавшим от перегрева должна быть направлена на создание условий, обеспечивающих быстрое восстановление нарушенных функций: покой при более низкой температуре окружающей среды, чем на месте работы, прохладные водные процедуры, симптоматическое лечение. Восстанов-

ление, как правило, наступает быстро.

При появлении признаков судорожной болезни нужно немедленно ввести внутривенно или подкожно физиологический раствор хлористого натрия, глюкозу. В течение нескольких дней (до 3—5), до полного восстановления водно-солевого обмена, заболевшему необходимо обеспечить врачебное наблюдение.

Благодаря широко применяемому комплексу оздоровительных мероприятий на предприятиях описанные формы перегрева организма в настоящее время встречаются очень редко. Поэтому основное внимание следует обратить на стойкие изменения деятельности отдельных систем и органов, наступающие в результате многократного теплового воздействия во время работы. К ним прежде всего следует отнести понижение функциональной способности сердца в результате длительного увеличения частоты сердечных сокращений, падения сосудистого тонуса, замедления кровотока, миокардит, расширение сердца.

Нарушения водно-солевого обмена у работающих при высокой температуре окружающей среды могут обусловить заболевания почек, желудочно-кишечные расстройства, нарушения высшей нервной деятельности, «питьевую болезнь», характеризующуюся хронической диспепсией, сменяющейся хроническим энтероколитом, стойкую альбуминурию.

### **Заболевания в связи с воздействием инфракрасного излучения**

Наиболее тяжелые поражения вызываются короткими инфракрасными лучами. Так короткие инфракрасные лучи способны проникать через кожу головы, черепную коробку и воздействовать непосредственно на мозговые оболочки, мозговую ткань. При интенсивном воздействии этих лучей на непокрытую голову может произойти так называемый солнечный удар — клинически тяжелый симптомокомплекс, в картине которого преобладают головная боль, головокружение, учащение пульса, ускорение дыхания, затемнение и потеря сознания, нарушение координации движений.

Напоминая по своей клинической картине тепловой удар, солнечный удар в то же время резко отличается от теплового тяжелым поражением мозговых оболочек и мозговых тканей

вплоть до выраженного менингита и энцефалита. В отличие от теплового удара температура тела при солнечном ударе не повышается.

Солнечный удар бывает главным образом у подвергающихся непосредственному воздействию солнечного излучения (строители, сельскохозяйственные рабочие, рабочие на карьерах и др.). Такого рода поражение не наблюдается у работающих в закрытых помещениях, даже если они подвергаются очень интенсивному инфракрасному облучению производственными источниками. Очевидно, кроме спектральных и энергетических свойств излучения, особенно важное значение приобретает направление лучей и в связи с этим разная локализация облучения солнцем и производственными источниками.

При первых проявлениях солнечного удара больного следует перенести в затененное, желательно прохладное, место и сразу же применить холодные компрессы, пузыри со льдом на голову, вливание физиологического раствора. При падении сердечной деятельности, расстройствах дыхания показаны возбуждающие средства.

При воздействии на орган зрения коротких инфракрасных лучей с длиной волны преимущественно около 1,5 мк (от 0,76 до 2,4 мк) возможно возникновение так называемой инфракрасной катаракты.

Это заболевание встречается у наблюдающих за состоянием расплавленного стекла, реже — расплавленного металла, в течение многих лет (10—20), редко после первых 2—5 лет.

Клинические особенности инфракрасной катаракты в ранней стадии заболевания проявляются в поражении сначала одного глаза, обычно обращенного во время работы к источнику излучения, в виде точкообразного помутнения на заднем полюсе хрусталика в области зрачка. Затем помутнение распространяется на весь хрусталик. Стекловидное тело и радужная оболочка при этом не поражаются. Наряду с этим образуются стойкая коричнево-красная пигментация кожи и расширение капилляров кожи шеи и глаз. Восстановление нарушенных инфракрасным излучением глазных сред не происходит и после прекращения работы с приведенными выше источниками излучения. Дальнейшее развитие процесса после прекращения работы также не наблюдается.

### **Заболевания в связи с производственным охлаждением**

В условиях производства длительное и интенсивное холодное воздействие может наряду с повышением выносливости к охлаждению вызвать ряд изменений важнейших физиологических процессов, влияющих на работоспособность и заболеваемость работающих.

К распространенным и стойким заболеваниям, возникающим при работе в условиях низкой температуры, относятся ангиоспастические явления. Они характеризуются побелением кожи пальцев, резким ослаблением или потерей кожной чувствительности, сопровождающейся различными парестезиями и затруднением движений.

В связи с охлаждением часто возникают сосудистые расстройства капилляров и мелких артерий также в виде озноблений пальцев рук и ног и кончиков ушей. Проявляются они в виде припухлости с синеватым оттенком кожи с ощущением зуда и жжения на припухлых местах. При этом происходит и охлаждение организма в целом. Характерны рецидивы озноблений на протяжении длительного периода, вызываемые даже незначительным охлаждением.

Широко распространены вызываемые охлаждением заболевания периферической нервной системы, особенно пояснично-крестцовый радикулит, невралгия лицевого, тройничного, седалищного и других нервов, обострения суставного и мышечного ревматизма, цистит, пиелит, плеврит, бронхит, заболевания мышечной системы — миозит, миалгия, асептическое и инфекционное воспаление слизистых оболочек дыхательных путей.

Длительные и многократные охлаждения с увлажнением могут служить причиной заболевания, носящего название «влажной конечности», наблюдаемого у рыбаков на севере даже летом. В пораженных тканях наступают дегенеративные и некротические изменения.

Установлено также, что холод может выявить такие аллергические заболевания, как бронхиальная астма, отек Квинке, пароксизмальная гемоглобинурия и т. д. Роль аллергенов в этих случаях, по мнению некоторых исследователей, играют образующиеся в коже при действии холода гистаминоподобные вещества.

## **5. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-88 и СН 2.2.4.548-96)**

Анализ описанных выше изменений различных физиологических функций, характеризующих приспособительную деятельность организма к метеорологическим условиям окружающей среды, позволяет наметить основной принцип нормирования метеорологических условий на производстве при выполнении различной тяжести работы.

Рекомендуемые нормами метеорологические условия должны обеспечить в процессе терморегуляции такое соотношение физиологических и физико-химических процессов в организме, при котором поддерживалось бы устойчивое тепловое состояние его в течение длительного времени, без снижения работоспособности человека, без образования патологической афферентной импульсации.

Отсюда вытекает ряд гигиенических требований к метеорологическим условиям окружающей среды с обязательным учетом характера и тяжести работы — этого дополнительного источника теплообразования. «Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения "воздуха в рабочей зоне производственных помещений» (СН-245-71).

Нормы регламентируют элементы метеорологических условий на производстве: температуру воздуха, его влажность и скорость движения.

Учитываются сезоны года – теплый и холодный периоды – и тяжесть выполняемой работы как дополнительного источника теплообразования (легкая, средняя и тяжелая работы).

В нормах приводятся не только допустимые метеорологические условия (т. е. такие, которые при длительной работе могут вызвать напряжение терморегуляторного аппарата без патологических изменений в организме), но и оптимальные метеорологические условия, которые при работе не вызывают значительного напряжения терморегуляторного аппарата. Оптимальные метеорологические условия должны обеспечиваться применением кондиционирования воздуха. В нормах установлен верхний предел температуры воздуха на рабочем месте 28°.

Учитывая многообразие климатических поясов, нормы предусматривают возможность некоторого повышения этого предела в зависимости от средней температуры наружного воздуха в 13 часов самого жаркого месяца. Однако максимальные температуры воздуха на рабочем месте не должны превышать 33°.

Нормами регламентируется проведение ряда мероприятий для борьбы с тепловым излучением (экранирование, высокодисперсное распыление воды, водо-воздушное душирование) и ограничивается температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений — не выше 45°. В нормах регламентируется скорость движения воздуха для воздушных душей на рабочих местах в зависимости от интенсивности облучения на рабочем месте.

Обеспечение норм направлено на предупреждение переохлаждения или перегревания работающих в условиях воздействия конвекционного или радиационного тепла или холода.

Принципиально важным в борьбе с чрезмерным холодом и теплом оказывается не только устранение неблагоприятного фактора или снижение интенсивности его воздействия, что часто по техническим условиям даже невозможно, но и непосредственно направленное воздействие на приспособительную деятельность, организма, на вовлечение новых физиологических механизмов, способствующих нормализации функций, нарушенных влиянием термических факторов.

Подразделение производственных метеорологических условий по их физиологическому действию позволяет наметить соответственно и предупредительные меры защиты от того или иного комплекса термических раздражителей.

### **5.1. Меры борьбы с чрезмерным тепловым воздействием на производстве**

В цехах с метеорологическим комплексом преимущественно нагревающего характера решающее значение в борьбе с нагреванием приобретает изменение самого технологического процесса, например, в некоторых производствах замена горячего способа обработки металла (поковка) холодным (штамповка), замена нагрева металла в нагревательных печах, являющихся мощным источником избыточного выделения тепла, индукци-

онным нагревом металла токами высокой частоты и др.

Тепловыделения в рабочую зону от нагретых наружных поверхностей оборудования и трубопроводов значительно снижаются при покрытии их теплоизолирующими материалами: магнезия, смешанная с асбестом в отношении 85:15, асботермит - смесь из отходов асбошиферного производства (70%), трепела (20%) и асбеста (10%), пеностекло и др.

В случаях, когда теплоизоляция невозможна по технологическим условиям, следует предупредить попадание тепла в рабочую зону путем устройства непосредственно у нагретых поверхностей специальных кожухов - экранов с воздушной прослойкой или стационарных и передвижных экранов из асбеста и стекловолока на высоту рабочей зоны — порядка 1,5—2 м.

Нагретый до высокой температуры воздух в прокатных, термических и других цехах следует удалять с помощью вентиляционных устройств, обеспечив доступ наружного воздуха вместо удаленного.

На ограниченном пространстве больших цехов, огражденном со всех сторон (например, пост управления блюминга), создание благоприятных метеорологических условий возможно путем местного кондиционирования воздуха.

Кроме мер, направленных на уменьшение количества тепла во всем помещении, следует предусмотреть возможность создания условий, облегчающих отдачу тепла непосредственно на месте работы, например, у нагревательных печей, при разливке расплавленного металла, на рабочих местах кузнецов, штамповщиков и др.

Одним из таких средств является требуемое Нормами СН-245-71 устройство так называемых воздушных душей, с помощью которых непосредственно на рабочее место направляется воздушный поток определенной температуры и скорости в зависимости от тяжести работы, сезона года и интенсивности инфракрасного излучения. Воздушное обдувание эффективно используется также в сочетании с распылением воды.

Особо важное значение для борьбы с перегреванием работающих и с непосредственным воздействием на них инфракрасного излучения имеет создание промежуточных сред между нагретой поверхностью (рабочая камера печи, нагретые матери-



алы, поверхности окружающего оборудования) и работающим.

Промежуточные среды могут быть построены на принципе отражения или поглощения излучения. Принцип поглощения излучения широко используется при устройстве водяных завес перед рабочими отверстиями печи и др. При этом значительно снижается интенсивность напряжения инфракрасного излучения, изменяется и спектральный состав излучения, проходящего через тонкий слой воды, поглощающей значительную часть инфракрасных лучей. Принцип отражения излучения оправдал себя в устройстве отражательных щитов, размещенных между источником излучения и рабочим местом.

В борьбе с инфракрасным излучением вторичного порядка (от нагретых материалов, рабочих металлических площадок и др.) целесообразно пользоваться также распылением воды в воздухе в зоне расположения этих источников. Эффективным оказалось водораспыление и для охлаждения приточного воздуха.

В целях предупреждения неблагоприятного влияния на работающих конвекционного и лучистого тепла в последнее время эффективно используется охлаждение стен, пола и потолка и установка специальных экранов на рабочих местах, в направлении которых и происходит радиационное охлаждение (кабины для отдыха в цехе). Тепловое самочувствие работающих в этих условиях заметно улучшается, нормализуются нарушенные физиологические функции.

Особую группу мер, направленных на предупреждение перегревания в производственных условиях, представляют рациональный питьевой режим, режим труда и водные процедуры.

По существующему законодательству во избежание перегревания работающие при высокой температуре и значительном излучении от нагретых поверхностей обеспечивались газированной подсоленной водой (от 0,2 до 0,5% хлористого натрия). Питье такой воды уменьшает жажду, потоотделение, потерю в весе, способствует снижению температуры тела, улучшению самочувствия, повышению производительности труда.

Наконец, исключительно важно рационально распределить длительность и последовательность периодов работы и отдыха в условиях, в которых возможно перегревание. Восстановление нарушенных функций во время отдыха оказывается пол-

нее в том случае, когда на месте отдыха созданы благоприятные метеорологические условия. С этой **целью для работающих при** высокой температуре воздуха и значительном инфракрасном излучении в цехе или примыкающем к нему помещении размещаются специальные, так называемые радиационные кабины, или комнаты отдыха. Температура стен в этих комнатах предусмотрена более низкая, чем температура воздуха. Следует при этом учесть возможное неблагоприятное влияние резкой смены температуры на рабочем месте и месте отдыха. Поэтому при температуре воздуха на месте работы, например, около 40° температура воздуха в комнатах отдыха должна поддерживаться на уровне 25—28°.

## **5.2. Меры борьбы с охлаждением работающих на производстве**

Меры по предупреждению переохлаждения работающих приобретают особую актуальность в связи с большим числом профессий, связанных с работой на протяжении значительной части года при низкой температуре.

В зимний и переходные периоды года (осенне-зимний и зимне-весенний) необходимо защищать рабочие места в производственных помещениях от потоков холодного воздуха, поступающих в цех через открытые проемы для транспорта (двери, ворота) и через окна, устройством шлюзов, воздушных завес, преграждающих доступ холодному воздуху. При этом целесообразна автоматизация открывания — закрывания транспортных проемов и блокировка их с воздушными тепловыми завесами.

Особенно важное значение приобретают меры по предупреждению охлаждения в помещениях больших размеров или на специальном транспортном оборудовании (подъемные краны и др.), где путем отопления чрезвычайно трудно создать необходимые температурные условия. В этих случаях в холодный период года нормами допускается более низкая температура воздуха: до 10° при легкой работе и до 5° при тяжелой. При этом, как показали экспериментальные исследования и опыт на производстве, целесообразно облучение передней поверхности тела источником инфракрасного излучения небольшой интен-

сивности (порядка 0,3—0,5 кал/см/мин) на месте работы. В отличие от лучистого отопления применение в этих случаях инфракрасного излучения незначительной интенсивности направлено на улучшение функционального состояния организма, а не на нормализацию метеорологических условий на месте работы.

В случаях, когда облучение на месте работы, как в закрытых помещениях, так и вне их невозможно, следует устраивать обогреваемые помещения для периодического пребывания там работающих.

Специальное внимание должно быть уделено защите работающих от охлаждения при длительном контакте их с обрабатываемым или транспортируемым охлажденным материалом или с холодным полом. В этих случаях надо пользоваться и индивидуальными средствами защиты (рукавицы, теплая обувь). Для уменьшения теплотеря организма излучением следует рекомендовать одежду из тканей, которые отражают излучение человеческого тела в обратном направлении, например отражательная ткань и др.

Заключение.

\* Снижение температуры при всех других одинаковых условиях приводит к росту теплоотдачи путем конвекции и излучения и может привести к переохлаждению организма.

\* При высокой температуре практически все тепло, которое выделяется, отдается в окружающую среду испарением пота.

\* Если микроклимат характеризуется не только высокой температурой, но и значительной влажностью воздуха, то пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожи.

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыханию и эрозии, загрязнению болезнетворными микробами. Вода и соли, выделяемые из организма потом, должны замещаться, поскольку их потеря приводит к сгущиванию крови и нарушению деятельности сердечнососудистой системы.

Повышение скорости движения воздуха способствует усилению процесса теплоотдачи конвекцией и испарением пота.

Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии — состоянию, при котором температура тела повышается до 38...40 °С.

При низкой температуре, значительной скорости и влажности воздуха возникает переохлаждение организма (гипотермия). В следствие воздействия низких температур могут возникнуть холодовые травмы.

Параметры микроклимата оказывают также существенное влияние на производительность труда и на травматизм.

#### Нормализация параметров микроклимата

Основным нормативным документом, который определяет параметры микроклимата производственных помещений является ГОСТ 12.1.005-88. Указанные параметры нормируются для рабочей зоны — пространства, ограниченного по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся рабочие места постоянного или временного пребывания работников.

В основу принципов нормирования параметров микроклимата положена дифференциальная оценка оптимальных и допустимых метеорологических условий в рабочей зоне в зависимости от тепловой характеристики производственного помещения, категории работ по степени тяжести и периода года.

**Оптимальными (комфортными)** считаются такие условия, при которых имеют место наивысшая работоспособность и хорошее самочувствие. Допустимые микроклиматические условия предусматривают возможность напряженной работы механизма терморегуляции, которая не выходит за границы возможностей организма, а также дискомфортные ощущения.

#### Средства нормализации параметров микроклимата

Создание оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях является сложной задачей, решить которую можно за счет применения следующих мероприятий и средств:

\* Усовершенствование технологических процессов и оборудования. Внедрение новых технологий и оборудования, не связанных с необходимостью проведения работ в условиях интенсивного нагрева даст возможность уменьшить выделение тепла в производственные помещения.

\* Рациональное размещение технологического оборудования. Основные источники тепла желательно размещать непо-

средственно под аэрационным фонарем, около внешних стен здания и в один ряд на таком расстоянии друг от друга, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались на рабочих местах.

\* Автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами позволяют во многих случаях вывести человека из производственных зон, где действуют неблагоприятные факторы.

\* Рациональная вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха. Они являются наиболее распространенными способами нормализации микроклимата в производственных помещениях. Создание воздушных и водовоздушных душей широко используется в борьбе с перегревом рабочих в горячих цехах.

\* Рационализация режимов труда и отдыха достигается сокращением длительности рабочего времени за счет дополнительных перерывов, созданием условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями.

\* Применение, теплоизоляции оборудования и защитных экранов. В качестве теплоизоляционных материалов широко используют: асбест, асбоцемент, минеральную вату, стеклоткань, керамзит, пенопласт.

\* Использование средств индивидуальной защиты. Важное значение для профилактики перегрева организма имеют индивидуальные средства защиты.

Основными гигиеническими требованиями являются создание в рабочем помещении оптимального микроклимата и достаточная устойчивость внутренней температуры. Разница температуры в горизонтальном направлении от окон до противоположных стен не должна превышать 2 С, а в вертикальном – 1 С на каждый метр высоты помещения.

Уровень температуры может быть снижен до 8—15 С там, где работа связана с постоянным передвижением и переноской тяжестей или там, где имеет место значительное излучение тепла. В летнее время температура в рабочем помещении не должна превышать температуру наружного воздуха на 3–5 С, а в жаркую погоду, чтобы она была ниже, чем снаружи. Работоспособность снижается и при очень низкой, и при очень высокой влажности.

## **Лекция № 5. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием атмосферным давлением и его влияние на организм человека**

Вопросы

1. Повышенное атмосферное давление.
2. Декомпрессионная (кессонная) болезнь, профилактические мероприятия.
3. Пониженное атмосферное давление, профилактические мероприятия.

### **1. Повышенное атмосферное давление**

В условиях повышенного атмосферного давления так называемым кессонным способом работают главным образом водолазы и рабочие, занятые на различных строительных работах, проводимых под водой или под землей в сильно насыщенных водой грунтах. Сущность кессонного способа возведения сооружений в таких условиях заключается в осушении пространства, в котором производятся работы, путем нагнетания в него сжатого воздуха. Сжатый воздух отжимает воду, что дает возможность производить необходимые работы.

В зависимости от назначения кессонные работы могут производиться в вертикальном и горизонтальном направлении. *Вертикальные* кессоны применяются при возведении фундаментов под здания и оборудование, строительстве мостовых опор и при проходке стволов шахт. *Горизонтальные* кессоны находят применения главным образом в туннелестроении.

Устройства для производства строительных работ под сжатым воздухом должны иметь *рабочую камеру* (рабочую зону), где осуществляется комплекс работ по выемке грунта и возведению крепи сооружений, и шлюзовые аппараты для обеспечения прохода людей и подачи строительных материалов, а также выхода людей и выдачи грунта из рабочей камеры (рабочей зоны) без изменения в ней давления сжатого воздуха. Типичный опускной вертикальный кессон состоит из кессонной камеры, металлической шахтной трубы, устанавливаемой над отверстием в потолке камеры, и шлюзового аппарата, укрепляе-

мого на верхнем звене шахтной трубы. Кессонная камера представляет собой закрытую с боков и сверху, но открытую снизу прочную воздухонепроницаемую емкость. Внутреннее пространство кессонной камеры, куда нагнетается сжатый воздух, носит название рабочей камеры. В зависимости от назначения сооружения рабочая камера может иметь разнообразные очертания и различные размеры. Кессонная камера чаще всего изготавливается из железобетона и является основой того фундамента или устоя, для сооружения которого опускается кессон. Высота рабочей камеры по действующему законодательству должна быть не менее 2,2 м. По мере опускания кессона, а вместе с ним и шлюзового аппарата, шахтная труба наращивается путем добавления нескольких звеньев, и шлюзовый аппарат переставляется таким образом в более высокое положение.

При сооружении тоннелей материальные шлюзовые камеры располагаются в нижней части шлюзовой перегородки на уровне откаточных путей, а людские шлюзовые камеры — в верхней части шлюзовой перегородки (во втором ярусе); к ним устраиваются лестничные подходы с площадками.

Одна из людских камер является аварийной, ее не разрешается занимать чем-либо. Внутренняя дверь ее должна быть всегда открыта в сторону повышенного давления, чтобы в случае внезапной аварии в тоннеле (затопление, прорыв воздуха, пожар и т. п.) люди могли бы укрыться в ней и выйти наружу.

Люди проходят в кессон (шлюзуются) следующим образом. Через открытую наружную дверь они входят в людской шлюз и, закрыв ее за собой, подают сигнал. Сигналист, находящийся снаружи шлюзового аппарата, приоткрывает кран на воздухопроводе, соединяющем шлюзовый аппарат с рабочей камерой (рабочей зоной); сжатый воздух устремляется через кран в людской шлюз, и давление в нем начинает постепенно повышаться. Вторая дверь, ведущая из людского шлюза в рабочую зону (рабочую камеру), в это время закрыта и прижата давлением сжатого воздуха. Когда давление воздуха в людском шлюзе станет равным давлению в рабочей камере (рабочей зоне), вторая (внутренняя) дверь из людского шлюза открывается и люди проходят в кессон.

Выход людей из кессона (вышлюзование) происходит в

обратном порядке. Они входят в открытую внутреннюю дверь в людской шлюз, в котором в это время, давление сжатого воздуха равно давлению в рабочей камере (рабочей зоне), закрывают за собой внутреннюю дверь и подают сигнал; дежурный сигналист, находящийся снаружи, приоткрывает кран на воздухопроводе, соединяющем людской шлюз с наружной атмосферой, давление в людском шлюзе начинает постепенно понижаться: наружная дверь из людского шлюза в это время остается закрытой и прижатой давлением сжатого воздуха. Когда давление в людском шлюзе спадет до атмосферного, наружная дверь его открывается и люди выходят из людского шлюза наружу.

При опускании кессона работа начинается с того, что рабочая камера, сооруженная на месте опускания кессона, с монтированными на ней шахтными трубами и шлюзовыми аппаратами за счет разработки и выемки грунта в рабочей камере постепенно углубляется в землю. Одновременно производится возведение надкессонной кладки на ее потолке. Пока не достигнут водоносный слой и сжатый воздух не подан в кессон, люди работают в нем в условиях атмосферного давления. После достижения пластов грунта, содержащих воду, кессон переводится на давление, которое соответствует гидростатическому, т. е. давлению столба жидкости, находящейся под кессоном. Давление воздуха, уравнивающее гидростатический столб жидкости над рабочей камерой кессона, называется добавочным давлением. Если к добавочному давлению прибавить давление атмосферного воздуха, то в сумме получится общее, или *абсолютное давление*. Абсолютное давление принято сокращенно обозначать атм, добавочное давление — атм. Наибольшее допустимое законодательством давление сжатого воздуха в кессонах не должно превышать 4 атм, что примерно соответствует глубине воды или водонасыщенного грунта под кессоном 40 м.

Когда достигнут грунт необходимой прочности и опускание кессона закончено, рабочая камера заполняется бетоном, шахтные трубы вместе со шлюзовым аппаратом отделяются от всего сооружения. Оставшиеся в местах расположения шахтных труб свободные каналы затем также заполняются бетоном, и сооружение приобретает монолитный характер.

Производство тоннельных работ под сжатым воздухом



начинается с места пересечения туннелем водонасыщенного грунта (плывунов). Для этого по сечению тоннеля сооружается так называемая *глюзовая перемычка* со шлюзовыми камерами. Выемка грунта при устройстве тоннеля в настоящее время производится при помощи механического агрегата — тоннельного щита. В его лобовой части происходит разработка грунта; в задней части при помощи специального механизма, так называемого эректора, производится установка по кольцу тоннеля чугунных тубингов или железобетонных блоков, образующих крепление тоннеля. Вырабатываемый грунт сбрасывается в вагонетки, которые по рельсовому пути откатываются к материальному шлюзу и выдаются наружу.

Водолазные работы производятся водолазами, снабженными индивидуальными изолирующими дыхательными аппаратами или одетыми в специальные водолазные костюмы или скафандры, в которые сжатый воздух подается с помощью водолазной помпы. Давление сжатого воздуха под скафандром должно быть равно давлению столба воды, считая от ее поверхности до уровня пребывания водолаза. Каждые 10 м погружения в воду требуют повышения давления под скафандром примерно на 1 атм. Применение специальной аппаратуры позволяет опускать людей под воду на очень большую глубину.

Кроме того, с работой под сжатым воздухом сталкиваются при лечении кессонной болезни (водолазной болезни). В этих случаях воздействию сжатого воздуха, помимо больного, может подвергаться обслуживающий его медицинский персонал.

В последнее время намечается еще одно направление работы с применением сжатого воздуха, а именно производство операций под повышенным атмосферным давлением в специальных барооперационных. Смысл заключается в том, что в условиях повышенного атмосферного давления воздуха в операционной барокамере обеспечивается возможность подачи кислорода в дыхательные пути больного под таким же давлением. Поступление кислорода под повышенным давлением в организм человека увеличивает количество физически растворенного кислорода в плазме крови, жидкостях и тканях организма, что значительно расширяет возможность хирургического вмешательства на жизненно важных органах и открывает широкие

перспективы для терапии заболеваний, связанных с кислородной недостаточностью.

Проведенные за рубежом и в нашей стране исследования в этой области дают основания предполагать, что это является весьма полезным при операциях на сердце и сосудах с временной остановкой работы сердца, при лечении ряда заболеваний, ведущим симптомом которых является гипоксия (легочная недостаточность, отек мозга или нарушение периферического кровообращения и т. п.). Оно может оказаться очень эффективным при лечении заболеваний, этиологическим началом которых является внедрение в организм анаэробных микробов, в частности газовой гангрены, а также при отравлении окисью углерода, паралитической форме кишечной непроходимости и ряде других патологических состояний организма.

Во время пребывания под повышенным атмосферным давлением различают три периода:

- *период повышения давления* (шлюзование, или компрессия);
- *период нахождения под наибольшим давлением*, или собственно период работ при повышенном атмосферном давлении;
- *период снижения давления* (вышлюзование, или декомпрессия).

Говоря о патологических явлениях, возможных в организме в период шлюзования, следует прежде всего остановиться на поражениях барабанной перепонки и внутреннего уха.

Уже с самого начала шлюзования влияние сжатого воздуха сказывается в давлении на барабанную перепонку. Барабанная перепонка чувствительна к нарушениям в равновесии давления извне, со стороны слухового прохода, и изнутри, со стороны евстахиевой трубы. Изменение давления с одной стороны больше чем на 20 мм вод. ст., или на 0,002 атм, уже вызывает понижение слуха. Равновесие давления в барабанной полости поддерживается в нормальных условиях постоянно происходящим вентилированием среднего уха благодаря периодически наступающему открытию евстахиевых труб при заглатывании слюны. Если это вентилирование совершается нормально, а давление в шлюзе поднимается настолько медленно, что успеет выравняться давление на барабанную перепонку изнутри и

извне, компрессия не вызывает никаких неприятных ощущений. Если же вентилирование уха нарушается, а процесс шлюзования совершается быстро, то давление на барабанную перепонку все время возрастает, вызывает ее инвагинацию, что приводит к развитию острой, мучительной боли. Если повышение давления в этих случаях не прекратить, может наступить разрыв барабанной перепонки. Так как указанные явления наблюдаются главным образом в начале повышения давления, то шлюзование до 1 атм производится обычно значительно медленнее. По принятым в СССР «Правилам безопасности при производстве работ под сжатым воздухом (кессонные работы)», утвержденным ВЦСПС 21 января 1956 г., шлюзование должно производиться по следующим нормам: до 0,3 атм— 3 минуты со скоростью 0,1 атм в 1 минуту, 0,3—1 атм — 3 минуты, т. е. всего до 1 атм 6 минут и дальше со скоростью 1 минута на каждые 0,5 атм.

Что касается мероприятий по предупреждению тубальной блокады, то они должны состоять прежде всего в недопущении к работе под сжатым воздухом лиц с патологическими процессами, затрудняющими дыхательную функцию и открытие евстахиевых труб (новообразования, полипы в носу, аденоиды, резко выраженная гипертрофия нижних носовых раковин, атрофический катар слизистой оболочки носа с образованием корок и др.). Ввиду того что на непроходимость евстахиевых труб оказывает большое влияние состояние слизистой носоглотки, важно каждый раз перед спуском людей в кессон бегло, путем опроса, выявлять, нет ли среди них лиц с катаральным состоянием слизистой оболочки носоглотки.

Пребывание и работа в зоне сжатого воздуха совершаются обычно без каких-либо неприятных субъективных ощущений и больших физиологических сдвигов в организме. Однако в этот период в организме человека протекает ряд чисто физических процессов, которые могут явиться источником развития так называемой кессонной болезни. Дело в том, что как только человек переходит к дыханию сжатым воздухом, начинается процесс насыщения его тканей азотом. Происходит это следующим образом. С повышением давления азот, находящийся в воздухе, растворяется в крови легочных капилляров до тех пор, пока напряжение его в оттекающей от легких артериальной крови не

станет равным парциальному давлению этого газа в атмосферном воздухе. Равновесие это практически наступает мгновенно. Притекая к тканям, кровь, насыщенная азотом, отдает им вследствие диффузии часть своего азота, пока не придет с ним в состояние газового равновесия. При повторном протекании через легочные капилляры кровь снова насыщается азотом, чтобы, подойдя к тканям, опять отдать им некоторый его избыток. Этот процесс будет происходить до тех пор, пока все ткани и кровь не насытятся азотом полностью до того давления, под которым этот газ находится в альвеолярном воздухе. Практически полное насыщение организма происходит через 4 часа после момента перехода к повышенному атмосферному давлению, на 50% — в течение 1 часа.

В период декомпрессии начинается процесс десатурации организма, т. е. насыщение от газов, растворившихся в его средах и тканях во время пребывания под повышенным давлением. Происходит это вследствие падения парциального давления в альвеолярном и окружающем человека воздухе, в результате чего газ в организме оказывается в состоянии суперсатурации. Выделение азота происходит главным образом через кровь в легких. Продолжительность десатурации в основном зависит от степени насыщения тканей азотом, обусловленной длительностью пребывания под повышенным давлением и величиной давления, а также от состояния сердечнососудистой системы.

Однако надо всегда иметь в виду, что, поскольку в организме имеются ткани, насыщение которых происходит часами, нельзя вызвать их *рассыщение* в течение нескольких минут, если только пребывание под повышенным атмосферным давлением продолжалось достаточно долго. Резко ускоряется лишь выведение азота из хорошо снабжаемых кровью тканей. Поэтому процесс десатурации организма от азота, накопившегося во время пребывания под давлением, не заканчивается с окончанием декомпрессии, а продолжается известное время и после нее. Поэтому от того, в каких условиях будет находиться человек в постдекомпрессионный период, во многом зависит благополучное окончание процесса освобождения организма от азота.

## **2. Декомпрессионная (кессонная) болезнь, профилактические мероприятия**

Во время декомпрессии вследствие незначительных перепадов давления диффузия газа из организма происходит значительно медленнее, чем во время пребывания под давлением. Однако наблюдения показывают, что переход к нормальному давлению может совершаться в довольно короткие сроки без проявления каких-либо патологических изменений в организме. Это объясняется тем, что организм человека может в известных пределах удерживать газ в связанном состоянии. Для беспрепятственного удаления из организма освобождающихся газов необходимо, чтобы переход от повышенного давления к нормальному происходил постепенно. Если этот переход будет быстрым, то вследствие большой разницы между парциальным давлением азота в окружающей среде и парциальным давлением азота, растворившегося в тканях организма, последний выделяется в кровь с бурным образованием пузырьков. Пока эти пузырьки малы, они уносятся с током крови снова в легкие, где размельчаются и удаляются из организма. Но если пузырьки достигают величины, превышающей просвет кровеносного сосуда, а ток крови по каким-либо причинам замедляется и не может протолкнуть их дальше, то они закупоривают сосуд и совсем прекращают в нем кровообращение. В результате возникает кессонная болезнь, которую кессонщики обычно называют «заломай».

Болезнь эта проявляется весьма разнообразно в зависимости от места, где произошла закупорка кровеносных сосудов пузырьками азота. Чаще всего кессонная болезнь выражена в виде чрезвычайно 'сильных болей в области какого-либо одного или нескольких суставов. Нередко эти боли сопровождаются зудом в ногах, спине, плечах, реже в других местах. Иногда этот зуд появляется раньше болей и является как бы их предвестником. В ряде случаев кожный зуд остается единственным, самым легким, проявлением кессонной болезни. Однако зуд бывает предвестником тяжелой формы кессонной болезни, выражающейся в параличе ног. Эта форма наблюдается, когда закупорка сосудов происходит в спинном мозге. В редких случаях причиной паралича служит закупорка воздушными пробками крове-

носных сосудов в головном мозге. Серьезными являются кессонные заболевания, вызываемые закупоркой сосудов в легких. Может происходить закупорка сосудов сердца.

Болезнь может проявляться и в поражениях внутреннего уха, глаза, кишечника. Кессонные поражения внутреннего уха сопровождаются головокружением, рвотой, шаткой походкой. На неосведомленных людей такой больно́й может произвести впечатление пьяного.

Все эти формы кессонной болезни вплоть до самых тяжелых легко поддаются лечению, если оно своевременно начато и правильно проводится. При первых признаках кессонной болезни пострадавшего следует немедленно поместить в так называемый лечебный шлюз. Лечебный шлюз представляет собой цилиндр, расположенный горизонтально. Он делается из котельного железа и может выдержать давление 5—6 атм. В торце шлюза располагается входная дверь. Внутри лечебный шлюз разделен перегородкой, также имеющей дверь, на две части: входную и главную камеру. Двери открываются в сторону большого давления, которым они и прижимаются при повышении давления. Двери делают таких размеров, чтобы через них свободно проходили носилки с больным. В главной камере лечебного шлюза устанавливают две койки. Стенки над койками покрывают плохо проводящим тепло материалом. В задней стенке главной камеры обычно устраивают аптекарский шлюз, через который можно передавать в шлюз медикаменты и пищу, не изменяя в ней давления. На железный пол лечебного шлюза укладывают деревянный настил. Лечебный шлюз снабжают вентилями, позволяющими снижать давление на 0,1 атм в продолжении не менее 20 минут.

Лечебный шлюз должен быть хорошо освещен, оборудован двусторонней телефонной или радиосвязью, а также обогревательными приборами, позволяющими поддерживать температуру в пределах 18—22°.

В водолазной службе применяются более упрощенные конструкции камер для проведения лечебной рекомпрессии.

Сущность *лечебной рекомпрессии* заключается в быстром поднятии давления в лечебном шлюзе до уровня, при котором исчезают или значительно ослабляются симптомы кессонной

болезни, чаще всего до давления, при котором производилась работа. При этом ткани освобождаются от скопившихся пузырьков газа, который диффундирует в кровь, растворяется в ней и затем при медленной декомпрессии постепенно выделяется через альвеолы в легких.

Вышлюзование в лечебном шлюзе производится значительно медленнее, чем при обычной декомпрессии: в тяжелых случаях давление понижается в течение 20 минут и более на 0,1 атм, в легких случаях — на 0,1 атм со скоростью 10—12 минут. При этом в отличие от обычной декомпрессии снижение давления производится не в две фазы, а равномерно.

После выхода из лечебного шлюза рекомендуются горячие суховоздушные или водяные ванны, физиотерапия (соллюкс, кварц и т. п.), а также медикаментозные средства, возбуждающие сердечнососудистую систему.

Исключительно важное значение имеют профилактические меры, преследующие цель вообще не допустить возникновения кессонной болезни, особенно тяжелой формы. Этого можно достигнуть строгим соблюдением правил безопасности, предусмотренных нашим законодательством по охране труда.

Профилактические мероприятия по предупреждению кессонной болезни регламентируют указанные выше «Правила безопасности при производстве работ под сжатым воздухом (кессонные работы)», а предупреждение декомпрессионной болезни у водолазов — специальные правила безопасности водолазных работ.

Прежде всего нормируется длительность рабочего времени и продолжительность вышлюзования. В основу нормирования рабочего времени положен принцип: чем больше давление, тем короче рабочее время и тем длительнее период вышлюзования (декомпрессии). Рабочее время устанавливается с таким расчетом, чтобы азот, растворившийся в тканях, мог при декомпрессии выделиться из них без образования пузырьков.

Рабочий день кессонного рабочего делится обычно на две подсмены с перерывом между ними не менее 9—10 часов, во время которого рабочий должен находиться вне кессона.

Общая продолжительность рабочего дня в течение суток, включая время шлюзования и вышлюзования, не должна превышать: при давлении до 2,9 атм - 6 часов, при давлении от 2,91

до 3,5 атм - 5 часов 20 минут и при давлении от 3,5 до 3,9 атм - 2 часов 40 минут.

В случае невозможности проживания кессонщиков на территории строительства и расположения их жилья на расстоянии, требующем более 20 минут ходьбы или езды, по специальному распоряжению допускается ведение работ в одну смену в сутки. Общая продолжительность рабочего дня при этом сокращается: при давлении до 1,3 атм - до 5 часов 20 минут, от 1,31 до 1,7 атм - до 4 часов 48 минут, от 1,71 до 2,5 атм - до 4 часов, от 2,51 до 2,9 атм - до 3 часов 40 минут, от 2,91 до 3,2 атм - до 3 часов 25 минут, от 3,21 до 3,5 атм - до 3 часов.

Для лиц, ранее не работавших под давлением сжатого воздуха или приступивших к работе после месячного перерыва и более, при давлении свыше 1,2 атм - в первые 4 дня рабочий день сокращается: в 1-й день на 0,5 смены, на 2-й день на 1/3 смены, на 3-й и 4-й день на 1/4 смены.

При работе под давлением сжатого воздуха до 1,3 атм декомпрессия (вышлюзование) производится в период до 10 минут но не более 0,2 атм - за 1 минуту.

В условиях водолазных работ применяется ступенчатая декомпрессия, при которой подъем водолаза с грунта осуществляется с остановками на различных глубинах. Длительность пребывания на этих остановках определяется глубиной спуска и длительностью пребывания водолаза на грунте. Так, например, согласно установленным декомпрессионным таблицам, после пребывания на глубине 40 м в течение 30—40 минут общая длительность декомпрессии равна 53 минутам; при этом декомпрессия производится следующим образом: длительность, подъема до первой остановки 3 минуты, длительность первой остановки на глубине 12 м 5 минут, на глубине 9 м— 10 минут, на глубине 6 м — 15 минут, на глубине 3 м — 20 минут. При таком графике декомпрессии азот выделяется из организма без образования газовых пузырьков.

Для уменьшения времени пребывания водолаза под водой, особенно при буре и холодной погоде, декомпрессию производят на поверхности. Это делают следующим образом: на первой остановке при подъеме после положенной выдержки в специальной беседке водолаза быстро, со скоростью 7,5 м/мин, под-



нимают на поверхность, освобождают от шлема, пояса с грузом и галош, немедленно помещают в рекомпрессионную камеру, в которой доводят давление воздуха до давления на первой остановке, затем производят декомпрессию в соответствии с установленными нормами.

Уменьшить время пребывания водолаза под водой можно также при помощи декомпрессионной камеры Девиса, в которую принимается водолаз на первой остановке подъема. В этой же камере производится декомпрессия в соответствии с правилами уже на борту судна.

Длительность декомпрессии можно уменьшить в 1,5—2 раза при помощи физических упражнений, усиливающих кровообращение, и вдыхания чистого кислорода, что приводит к значительному увеличению разницы парциального давления азота в тканях и альвеолярном воздухе.

Физические упражнения и вдыхание кислорода производятся в камере Девиса или рекомпрессионной камере, для чего последние оборудованы специальной аппаратурой. Вдыхание кислорода практикуется не только при водолазных, но и при кессонных работах во время декомпрессии, что уменьшает опасность развития кессонной болезни и ускоряет время декомпрессии примерно на 30%.

Для профилактики кессонной болезни имеют значение и другие гигиенические организационные мероприятия. Важную роль играет количество и качество подаваемого в кессон сжатого воздуха. В соответствии с действующими правилами количество подаваемого в кессон воздуха должно быть не менее 25 м<sup>3</sup>/час на одного работающего. В воздухе должно содержаться не менее 20% кислорода, не более 0,1% углекислоты и не выше предельно допустимых концентраций вредно действующих газов. Температура воздуха в рабочей камере при давлении до 2 атм должна быть 16—20°, до 2,5 атм — 17—23° и свыше 2,5 атм — 18—26°. С целью соблюдения указанных требований для подачи воздуха устраивают две параллельные воздушные линии: воздуховоды летом защищают от нагревания, а зимой от охлаждения.

Для смазки цилиндров воздушного компрессора применяется масло с наиболее высокой температурой вспышки из уста-

новленных по ГОСТ. В случае обнаружения в рабочей камере вредных газов необходимо принять меры проветривания при помощи устраиваемых для этой цели сифонных труб.

Предупреждение переохлаждения тела очень важно, так как вследствие сужения при этом сосудов затрудняется десатурация азота. Учитывая это, следует предупреждать переохлаждение в рабочей камере кессона путем применения водонепроницаемых подкладок, водонепроницаемой обуви и одежды при мокрых работах.

При выходе из кессона всем работавшим в нем должна быть предоставлена возможность принять душ с температурой воды 37—38°; кроме того, им выдают 2 стакана горячего натурального кофе или чая с сахаром. В соответствии с правилами для кессонных рабочих устраиваются общежития вблизи места работы или предоставляется транспорт для доставки до места жительства и на работу. Оканчивающим работу в ночную смену, если они проживают далеко от места работы, предоставляются койки в общежитии. Во всех случаях, когда проводятся кессонные работы, обязательно организуется здравпункт или амбулатория с круглосуточным дежурством медицинского персонала. При спуске в кессон и выходе рабочего из кессона у шлюза должен находиться фельдшер для наблюдения за правильностью пользования и вышлюзования.

Перед назначением на работу в кессонный здравпункт или амбулаторию медицинский персонал обязан пройти специальную подготовку.

Если в кессоне применяется давление воздуха свыше 1,3 атм, при амбулатории должна быть комната, оборудованная койками из расчета 1 койка на 24 кессонщика, а при давлении сжатого воздуха 1,5 атм и выше должен быть оборудован лечебный шлюз.

Для лечения легких случаев кессонной болезни при амбулатории организуется процедурная комната с водяной и сухо-воздушной ванной.

К физической работе в кессонах допускаются лица мужского пола в возрасте от 18 до 50 лет при давлении сжатого воздуха не более; 1,9 атм и от 18 до 45 лет при давлении сжатого воздуха свыше 1,9 атм. Женщины на кессонные работы допус-

каются только в качестве инженерно-технического и медицинского персонала при отсутствии у них беременности и заболеваний мочеполовых органов с склонностью к кровотечениям.

Министерством здравоохранения утвержден список медицинских противопоказаний при приеме на кессонные и водолазные работы. Не допускаются к работе под сжатым воздухом лица с заболеваниями верхних дыхательных путей, уха, затрудняющими дыхание, с плохой, проходимость евстахиевых труб, с заболеваниями сердечнососудистой, системы, крови, легких, эндокринной и нервной системы, брюшных органов, а также лица со значительным развитием подкожного жирового слоя. Все кессонные рабочие каждую неделю подвергаются медицинским осмотрам терапевтом и отоларингологом.

### **3. Пониженное атмосферное давление**

С понижением парциального давления кислорода снижается его напряжение в альвеолярном воздухе. Так, например, если при нормальном атмосферном давлении альвеолярное давление кислорода равно 100 мм.рт.ст., то при атмосферном давлении 600 мм оно будет равно 60 мм, а при давлении 350 мм (высота 6000 м) — около 30 мм рт. ст. В связи с этим снижается, конечно, насыщение крови кислородом, т. е. наступает аноксемия — основная причина горной болезни, или, правильнее, болезни высоты.

#### **Гигиеническая характеристика**

Пониженное атмосферное давление как профессиональный фактор встречается при работе лётно-подъёмного состава, а также при выполнении различного рода работ в горных местностях (добыча полезных ископаемых, строительство дорог, альпинизм и др.). Величина понижения атмосферного давления зависит от увеличения высоты, где проводится полет или выполняются специальные работы. Сам по себе фактор пониженного атмосферного давления может иметь некоторое значение только в том случае, если давление снижается очень быстро; основную же роль играет понижение парциального давления кислорода по мере снижения атмосферного давления.

Чем ниже атмосферное давление, тем меньше парциальное давление кислорода в воздухе. Уменьшение парциального давления кислорода ведет к уменьшению напряжения его в альвеолах. Со 100 *мм рт. ст.*, наблюдаемого при нормальном атмосферном давлении, напряжение кислорода в альвеолярном воздухе падает до 70 *мм* (высота 2000 *м*) и до 50—55 *мм* (высота 4000—4500 *м*). Наиболее опасной зоной является высота 8000—8500 *м*.

#### Действие на организм

Падение парциального давления в легких от 100 до 40 *мм* влечет за собой снижение содержания оксигемоглобина крови с 92 до 84%. В дальнейшем это падение идет еще более круто и приводит к ухудшению питания кислородом тканей (аноксемия).

Патологические явления, развивающиеся в организме при попадании в атмосферу пониженного давления, особенно при быстром его снижении, связаны с кислородным голоданием тканей, главным образом головного мозга (летная, горная болезнь).

Клиника заболевания имеет много общего с кессонной болезнью. Поэтому в первую очередь они проявляются в сильной мышечной слабости, расстройстве координации, понижении памяти и внимания, сонливости, головокружении, тошноте, рвоте, учащенном дыхании, тахикардии, кровотечениях из носа, рта, кишок. Глазные симптомы также связаны с изменениями в центральной нервной системе. Наблюдается снижение остроты зрения, полей зрения, нарушается цветоощущение и глубинное зрение. Все эти явления проходят при опускании на меньшую высоту или при вдыхании чистого кислорода. Борьбу с кислородным голоданием организм осуществляет с помощью компенсаторно-приспособительных реакций. Учащаются и углубляются дыхательные движения, усиливается сердечная деятельность, учащается пульс, ускоряется кровоток, увеличивается число эритроцитов, повышается содержание гемоглобина — все это вместе взятое усиливает доставку кислорода к крови, а с ней и к тканям.

Тренировка значительно повышает устойчивость организма к недостатку кислорода. Однако следует учитывать, что постоянное пребывание в горной местности даже для трениро-

ванных субъектов ограничивается высотой 4000 м. Приспособление к работе на такой высоте происходит очень медленно.

При появлении симптомов декомпрессионной болезни во время полета на больших высотах летчикам рекомендуется немедленно начать спуск с возможно большей скоростью. Обычно симптомы исчезают при спуске до 6500—7000 м. При тяжелых явлениях необходима посадка с последующим на 1—2 дня отстранением от полетов.

Даже в случаях легкого течения болезни рекомендуется полный покой, дыхание чистым кислородом, горячее питье, симптоматическое лечение; в тяжелых случаях показана госпитализация. Прогноз при своевременном и правильном лечении благоприятный.

#### Профилактические мероприятия

Основной мерой профилактики при работе в условиях пониженного атмосферного давления является использование аппаратов для вдыхания чистого кислорода, обеспечение теплой и удобной одежды.

Большое значение имеет также строгий профессиональный отбор в профессии, связанные с пребыванием в условиях незначительного парциального содержания кислорода, периодический медицинский осмотр, а также предварительная тренировка в барокамере, дыхательная гимнастика и т. д.

С понижением парциального давления кислорода снижается его напряжение в альвеолярном воздухе. Так, например, если при нормальном атмосферном давлении альвеолярное давление кислорода равно 100 мм.рт.ст., то при атмосферном давлении 600 мм оно будет равно 60 мм, а при давлении 350 мм (высота 6000 м) — около 30 мм рт. ст. В связи с этим снижается, конечно, насыщение крови кислородом, т. е. наступает аноксемия — основная причина горной болезни, или, правильнее, болезни высоты.

## **Лекция № 6. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм механических колебаний**

Вопросы

1. Вибрация: локальная, общая, комбинированная.
2. Действие вибрации на организм человека.
3. Вибрационная болезнь,
4. Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций.

Профилактические мероприятия.

### **1. Вибрация: локальная, общая, комбинированная**

Вибрация как фактор производственной среды встречается в металлообрабатывающей, горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, строительной, авиа- и судостроительной промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте и многих других отраслях народного хозяйства. Она используется в ряде технологических процессов: при виброуплотнении, формовании, прессовании, вибрационной интенсификации механической обработки материалов, вибрационном бурении, рыхлении, резании горных пород и грунтов, вибротранспортировке и т. п. Вибрацией сопровождается работа передвижных и стационарных механизмов и агрегатов, в основу действия которых положено вращательное или возвратно-поступательное движение.

#### **Локальная (местная) вибрация**

Преимущественно местную вибрацию создают ручные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия. К виброопасному оборудованию относятся клепальные, рубильные, отбойные молотки, бурильные перфораторы, бетоноломы, трамбовки, гайковерты, поверхностные и глубинные ручные вибраторы, шлифовальные машины, дрели, горные сверла, бензодвигательные и электропилы и др.

Рубильные молотки пневматические предназначены для рубки, чеканки и ряда других работ по металлу, а также по твердым горным породам (гранит, мрамор и др.). Серийно вы-

пускаемые рубильные молотки имеют вес от 4 до 6 кг и 1600—3500 ударов в минуту.

Отбойные молотки пневматические применяются в угольной промышленности при добыче угля на крутопадающих пластах и на вспомогательных работах (проходка штреков, квершлагов, нарезка лавы, выемка ниш), при отбойке руд, глины, сланца, камня. В строительстве используются, кроме пневматических, электрические молотки (разрушение мерзлого грунта, асфальта, бетонного покрытия и т. д.). Выпускаются отбойные молотки четырех весовых категорий весом от 8 до 12 кг и с числом ударов от 1060 до 2000 в 1 мин.

Клепальные молотки пневматические в зависимости от диаметра заклепок (от 3 до 32 мм) могут быть малогабаритными (вес от 1,1 до 2,9 кг и 1200—1800 уд/мин) и более тяжелыми (от 8 до 12 кг и 800—1900 уд/мин).

Ручные трамбовки пневматические ударного действия применяются для уплотнения формовочной земли (в литейных), грунта и бетона (на строительстве), для уплотнения траншей, каналов при дорожных и ремонтных работах. В РФ выпускается один вид пневматической трамбовки весом 11,5 кг и числом ударов в минуту 650. Электрические трамбовки применяются главным образом для различных строительных и земляных работ (вес от 14,5 до 75 кг).

Ручные перфораторы пневматические относятся к ручным машинам ударно-вращательного действия. Применяются при прохождении горных выработок, добыче полезных ископаемых и производстве различных работ буровзрывным способом. Вес перфораторов — от 20 до 31 кг, число ударов — от 1600 до 2600 в 1 мин. Электроперфораторы применяются для буровых работ в скальных породах, бетоне, кирпиче (вес — 34 кг, число ударов в минуту— 1050).

Горные сверла пневматические и электрические применяются для бурения шпуров и скважин в угле и породе, для очистных работ и прохождения подготовительных выработок в угольных, сланцевых и других шахтах. Выпускается до 9 различных моделей, различающихся по весу, числу оборотов и мощности. Вес горных сверл от 12 до 24 кг, однако вместе с буровой штангой он у ряда конструкций превышает 30 кг. Ско-

рость вращения шпинделя под нагрузкой — от 290 до 900 об/мин.

Шлифовальные машины пневматические и электрические широко используются для различного вида шлифовальных, полировальных, пригоночных работ. Различают прямые пневматические шлифовальные машины с турбинным пневмодвигателем, которые относятся к малогабаритным ручным машинам, прямые шлифовальные машины с ротационным пневмодвигателем и электрические шлифовальные машины. Торцовые шлифовальные машины применяются при выполнении различных видов обдирочных, шлифовальных, полировальных работ в инструментальном и строительном производстве. Работа производится торцом вращающегося абразивного круга. Угловые шлифовальные машины применяются для обработки труднодоступных мест.

Гайковерты пневматические и электрические статического и ударного действия широко применяются для трудоемкой сборки резьбовых соединений, отвинчивания и завинчивания болтов и гаек. Особенностью гайковертов статического действия является реактивный момент, возникающий при резком торможении двигателя в конце затяжки и передающийся как рывок на руки оператора. В гайковертах ударного действия непрерывное вращение двигателя при помощи ударно-импульсного механизма преобразуется в периодические последовательные ударно-вращательные импульсы, передаваемые рабочему наконечнику. Реактивный момент, передаваемый на руки оператора, резко уменьшается или почти исчезает, но возрастает вибрация ударно-импульсного характера. Вес гайковертов чрезвычайно разнообразен, но у наибольшего количества конструкций он находится в пределах 10—14 кг.

Ручные вибраторы электрические и пневматические (глубинные и поверхностные) применяются для уплотнения бетонных смесей при строительных работах и производстве строительных деталей. Вес их от 10 до 43 кг. Частота колебаний в минуту — от 2800—14 000. Наиболее значительная вибрация возникает при работе поверхностных вибраторов. Она может превышать величины, допустимые санитарными нормами (СН 626—66) в 5 и более раз. При работе глубинных вибраторов вибрация на гибком вале в ряде случаев превышает допустимые



нормами величины до 3 и более раз.

Электро- и бензомоторные пилы и сучкорезки применяются в лесной промышленности для валки и раскряжевки деревьев: вес электропил и сучкорезок — 7—9,5 кг, бензосучкорезок — 7 кг, бензопил—12—12,3 кг. Мощность машин от 1,4 кВт до 3 л.с, число оборотов — 4800—12 000 в 1 мин.

Бензомоторные пилы создают в процессе работы более значительную вибрацию, чем электрические. Наиболее значительная вибрация создавалась бензомоторной пилой «Дружба-56», которая в настоящее время снята с производства. Вместо нее применяются усовершенствованные образцы («Дружба-60» и «Дружба-4»), вибрация которых уменьшена, но вес еще превышает санитарную норму в 2 и более раз.

Ручные виброопасные машины генерируют вибрацию, уровни колебательной скорости которой значительно на 10—30 дБ превышают допустимые нормами величины. Расположение пиковых значений виброскорости в широком, как правило, спектре колебания виброопасных машин различно. Пневмотрамбовки, гайковерты, горные сверла создают вибрацию с высокими уровнями в области низких (8—32 Гц) частот. Максимальные уровни колебательной скорости пневматических отбойных молотков, бурильных перфораторов с числом ударов в 1 мин до 2000, ручных вибраторов для уплотнения бетона чаще лежат в широкой области низких, средних и отчасти высоких частот (16—125 Гц). Вибрация пневматических рубильных, клепальных молотков, бурильных перфораторов с числом ударов свыше 2000 ударов в 1 мин, шлифовальных машинок, бензомоторных пил характеризуется как средне-высокочастотная (расположение максимальных уровней в области частот 32—2000 Гц).

Уровни колебательной скорости в различных полосах среднегеометрических частот спектра имеют большую вариативность.

Причинами повышения уровня колебательной скорости являются

- снижение величины осевого усилия подачи;
- изменение физико-химических свойств обрабатываемого изделия (повышение твердости и др.);
- увеличение давления воздуха в сети;

- увеличение длины вставного инструмента для рубильных молотков, диаметра заклепки для клепальных, длины буровой штанги и степени ее искривления для перфораторов и горных сверл;

- увеличение степени шероховатости поверхности, изношенности абразивных кругов, ухудшение центровки для шлифовальных машин.

Величина вибрации возрастает при изношенности и неисправности машин. Вибрация электро- и бензомоторных пил увеличивается, кроме того, при увеличении скорости машин.

При работе ручных машин ударного и ударно-вращательного действия возникает вибрация, которая представляет собой колебания сложной траектории, определяемые термином «отдача».

**Отдача** — периодический обратимый импульсный удар, характер которого обусловлен конструкцией ручной машины, физическими свойствами обрабатываемого объекта, степенью осевого усилия, прикладываемого оператором. Отдача возникает при взаимодействии внутренних и внешних сил в замкнутой системе оператор — ручная машина — вставной инструмент — обрабатываемый объект.

К усугубляющим факторам воздействие вибрации ручных машин на организм относятся шум высокой интенсивности, неблагоприятные метеорологические условия, пониженное и повышенное атмосферное давление и др.

При работе с пневматическими ручными машинами имеет место охлаждение рук отработанным воздухом и холодным металлом корпуса машины. Неблагоприятные метеорологические условия могут иметь место в больших литейных и обрубных цехах, на стапелях, в забоях. На открытых стапелях при производстве обрубных и клепальных работ на строящихся судах метеорологические условия снаружи судна полностью определяются климатом данного района и ежедневными метеорологическими условиями. Особенно сказываются неблагоприятные климатические условия Крайнего Севера, Дальнего Востока и др. Это же относится к работам в карьерах, на открытых горных выработках, при распиловке леса.

При работе с рубильными молотками осевое усилие

нажима на молоток во время рабочей операции доходит до 30 кг и более, отбойными — до 40, бурильными — до 30 кг. При обрубке стали обрубщик в начале рабочего дня осуществляет усилие до 30 кг, а в процессе утомления оно падает до 15—18 кг при выполнении тех же операций. При рубке в положении молотка горизонтально или вверх (потолочное положение) максимальное усилие, которое в состоянии развить работающий,— 18—23 кг. При направлении молотка вниз значительные усилия осуществляются совместно мышцами верхних конечностей, туловища и ног.

При клепке тяжелыми клепальными молотками (диаметр заклепки до 32 мм) усилие достигает 38—40 кг (направление вниз) и 22—28 кг (горизонтальное направление). При клепке малогабаритными клепальными молотками (диаметр заклепки до 8 мм) усилия лежат в пределах 10—15 кг.

При работе с горными сверлами при твердом бурении пород необходимые совместные усилия (100—120 кг) достигаются двумя бурильщиками посредством упора или давления на сверло ногами, спиной и другими частями тела. Максимальные длительные усилия, которые бурильщик может развивать при бурении электросверлами, удерживаемыми руками над головой,— 8 кг. При бурении шпуров на уровне от груди до колен эти усилия равны 20—25 кг. При бурении нисходящих шпуров, когда машина находится у ног бурильщика, значительные усилия (до 60 кг) осуществляются при помощи веса тела.

При работе бурильными перфораторами характер и величина усилия, помимо ряда причин, связана с расположением шпуров. При бурении высокорасположенных шпуров прижимное усилие осуществляется верхними конечностями и даже головой, а при бурении нижних шпуров — нижними конечностями. Величины усилий при работе с использованием пневматической поддержки варьируют от 0 до 30 кг. Наибольшее усилие имеет место в момент забуривания (до 20 кг и более). Затем оно уменьшается (от 3 до 7 кг). Наименьшее усилие (от 0 до 3 кг) требуется при бурении восходящих шпуров, наибольшее — при бурении нисходящих (от 12 до 30 кг), среднее — при бурении-горизонтальных (8—10 кг). Величины усилий в два раза больше при бурении по крепким породам, чем по мягким.

При работе электрогайковертами максимальная величина усилия 37—50 кг, минимальная — 10—12 кг. При работе ручными сверлильными машинами оператор создает осевое усилие в пределах от 10 до 30 кг (в зависимости от диаметра сверла), требуемое же по технологии усилие соответствует 20—55 кг.

Работа ручными инструментами вращательного действия требует мышечных усилий разнообразного характера от длительного статического напряжения верхних конечностей и плечевого пояса при шлифовке металла шлифовальными машинами различного веса до частых мелких движений мышц кисти и предплечья при полировке металлических изделий и шлифовке стекла.

### **Общая вибрация**

Общая вибрация (вибрация рабочих мест) возникает при формовке железобетонных изделий на заводах поточно-конвейерной и агрегатной технологии. Источниками вибрации являются виброплатформы, виброплощадки, формовочные машины и бетоноукладчики. Вибрация, возникающая при работе бетоноукладчиков, различна и зависит от их конструкции и расположения пульта управления.

Бетоноукладчики агрегатных заводов с вибратором-побудителем создают значительную вибрацию (превышение санитарных норм до 10 раз) в полосе спектра 32—250 Гц, которая передается на пол, сиденье машиниста, рулевое управление.

На конвейерных заводах в бетоноукладчиках с вращающейся лентой вибрация, передаваемая на раму и пол бетоноукладчика, меньше, чем в бетоноукладчиках с вибратором-побудителем (отмечается превышение величин, допустимых санитарными нормами, в 2—4 раза).

Вибрация бетоноукладчика с дистанционным управлением не превышает допустимых величин.

При правильной установке на фундаменте формовочных машин и виброплатформ вибрация, передаваемая на рабочие места, не превышает санитарных норм. При неправильной их установке, когда не учитываются полностью все меры по гашению вибрации окружающих поверхностей, вибрация пола или площадок, на которых стоит формовщик, а иногда и на пульте управления может в 10 и более раз превышать допустимые ве-

личины. Вибрация широкополосная, максимальные уровни виброскорости имеют место в полосе частот 45—90 Гц.

Максимальной вибрации формовщики подвергаются на заводах поточно-конвейерной технологии, если они производят ручное разравнивание бетонной массы, стоя на поверхности машины во время ее работы.

Вибрация пола ткацких фабрик представляет собой несинусоидальные периодические низкочастотные колебания (ниже 16 Гц), распространяющиеся в горизонтальном и вертикальном направлении. Максимальная вибрация возникает при расположении цехов на верхних этажах зданий и при наличии деревянных полов.

Водители тракторов, самоходных и других сельскохозяйственных машин, в том числе стационарных, подвергаются действию общей и местной вибрации. На рабочее место водителя передается низкочастотная толчкообразная вибрация беспорядочного характера, возникающая во время работы в процессе передвижения машины по неровной местности.

Наибольшие толчки возникают при повышенной скорости машины до 11 км в час. Кроме того, на рабочее место водителя, в том числе и на органы управления, передается вибрация, возникающая при работе двигателей и подвижных рабочих органов машины — трансмиссий, транспортеров. Эта вибрация имеет средне-высокочастотный характер, превышая нормативные величины в 2—3 раза.

Источниками общей вибрации являются различные виды экскаваторов, применяющихся в строительной, горной и других отраслях промышленности. Вибрация, передаваемая на рабочее место машиниста, прерывиста, аperiodична, имеет широкий спектр с распространением основной энергии в полосе частот 16—31 Гц. В этой полосе в ряде случаев отмечается превышение допустимых величин виброскорости в 15 раз. Величины вибрации зависят от типа машины и ее технического состояния. Роторные и шагающие экскаваторы создают вибрацию, менее интенсивную, чем экскаваторы типа прямой лопаты. На более изношенных давно не ремонтируемых машинах уровни вибрации выше, чем на отремонтированных и новых.

Буровые станки канатно-ударного и шарошочного буре-

ния создают общую вибрацию, передаваемую на рабочее место машиниста. Максимальные уровни виброскорости находятся в области частот 8—16 Гц, однако в ряде случаев имеет место превышение санитарных норм для области частот 125—250 Гц. Величина колебаний определяется, помимо конструкции машины и ее технического состояния, еще и крепостью горных пород.

## 2. Действие вибрации на организм человека

Тело человека может рассматриваться как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это все туловище с нижней частью позвоночника и тазом (стоящий человек), в другом случае — верхняя часть туловища в сочетании с верхней частью позвоночника, нагибающейся вперед (сидящий человек). Для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеется два резонансных пика на частотах 5—12 Гц и 17—25 Гц, для сидящего — на частотах 4—6 Гц. Для головы резонансные частоты лежат в области 20—30 Гц. В этом диапазоне частот амплитуда колебаний головы может превышать амплитуду колебаний плеч в три раза. Для лежащего человека область резонансных частот находится в интервале 3—3,5 Гц. Одной из наиболее важных колебательных систем является совокупность грудной клетки и брюшной полости. Колебания в этой системе возникают в положении стоя. Колебания внутренних органов этих полостей обнаруживают резонанс на частотах 3,0—3,5 Гц. Максимальная амплитуда колебаний брюшной стенки наблюдается на частотах от 7 до 8 Гц, а передней стенки грудной клетки — от 7 до 11 Гц.

При увеличении частоты колебания происходит ослабление ее передачи по телу человека. В положении стоя и сидя величина ослабления на костях таза увеличивается на 9 дБ на октаву изменения частоты, на груди и на голове — 12 дБ, на плече — 12—14 дБ. Эти данные не распространяются на резонансные частоты, при воздействии которых происходит не ослабление, а увеличение колебательной скорости. В условиях передачи через руку при силе нажима 10 кг ослабление вибрации на тыле кисти происходит с наклоном 2,5 дБ на октаву, а на голове — с наклоном 16 дБ на октаву.

Рука человека может быть представлена эквивалентной системой, состоящей из сосредоточенных масс упругостей и сопротивлений. Коэффициенты, характеризующие упругость массы и колебательные потери руки, зависят главным образом от степени напряженности мышц руки и позы работающего. Частотная зависимость импеданса (отношения силы к вызываемой ею колебательной скорости движения) на рукоятке ручной машины в условиях работы с ней имеет один максимум в области ниже 5 Гц и второй интенсивный максимум в области частот 30—40 Гц, что соответствует резонансу системы «эффективная масса руки» (примерно 1 кг) и упругости мягких тканей внутренней стороны кисти. Механическая система прямой руки человека имеет резонанс в области частот 30—60 Гц. При передаче колебаний от ладони к тыльной стороне кисти амплитуда колебаний при неизменной частоте 40—50 Гц уменьшается на 35—65%. На участках между кистью и локтем, локтем и плечом происходит дальнейшее ослабление колебаний. Наибольшее затухание наблюдается в плечевом суставе и на голове. С увеличением силы нажима на рукоятку наблюдается пропорциональное возрастание проводимости вибрации на плече, составляющее 1,2 дБ на удвоение силы нажима для частоты 8 Гц, около 3 дБ—для частоты 16 Гц и 4—5 дБ— для частот 32—125 Гц. При увеличении силы нажима на инструмент человеком не только будет получено большее количество колебательной энергии в связи с увеличением входного механического импеданса, но воздействие вибрации распространится на большую рецептивную зону.

Особенности воздействия производственной вибрации определяются частотными спектрами и расположением в его пределах максимальных уровней энергии колебания. Местная вибрация малой интенсивности может оказывать благоприятное воздействие на организм человека, восстанавливая трофические изменения, улучшая функциональное состояние центральной нервной системы, ускоряя заживление ран и т. п. При увеличении интенсивности колебаний и длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии — вибрационной болезни. Наибольший удельный вес (распространение) имеет патология,

в этиопатогенезе которой существенную роль имеет местная (локальная) вибрация.

В производственных условиях ручные машины, вибрация которых имеет максимальные уровни энергии (максимальный уровень виброскорости) в полосах низких частот (до 35 Гц), вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно-мышечного, опорно-двигательного аппарата. При работе с ручными машинами, вибрация которых имеет максимальный уровень энергии в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают главным образом сосудистые расстройства с склонностью к спазму периферических сосудов. При воздействии вибрации низкой частоты заболевание возникает через 8—10 лет (формовщики, бурильщики с электросверлами), при воздействии высокочастотной вибрации — через 5 и менее лет (шлифовщики, рихтовщики).

Локальная вибрация широкого спектра преимущественно средне-высокочастотная (35—125 Гц и более), чаще с неравномерным распределением максимальных уровней по ширине спектра энергии и наличием импульсного удара (клепка, обрубка, бурение), вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений. Сроки развития патологии при воздействии подобной вибрации — от 3 до 8 лет.

При воздействии общей вибрации разных параметров имеет место различная степень выраженности изменений в центральной и вегетативной нервной системе, сердечно-сосудистой системе, обменных процессах, вестибулярном аппарате. Например, вибрационная болезнь, возникающая у бетонщиков под воздействием общей вибрации, характеризуется полиморфностью изменений со стороны ряда систем и органов (поражение различных отделов головного мозга и избирательно стволо-диэнцефальной области). Особенностью вибрационной болезни бетонщиков является раннее ее возникновение (иногда при стаже менее трех лет). Основными симптомами являются локальные нервно-сосудистые симптомы в сочетании с выраженным астеническим синдромом и нейродинамическими нарушениями в центральной нервной системе. При дальнейшем развитии заболевания присоединяются диэнцефальные расстройства, рассеянная микроорганическая симптоматика.



Вибрационная болезнь у водителей тяжелых машин, скрей-перистов, бульдозеристов, экскаваторщиков возникает в результате воздействия общей и местной вибрации. На фоне общего поражения нервной системы отмечаются вегетативно-сосудистые, вестибулярные и корешковые расстройства.

Начальный механизм действия вибрации определяется в основном тем, что она вызывает поток импульсов с экстеро- и интероцептивных зон. Рефлекторная дуга может замыкаться по типу аксон-рефлекса через соединительные ветви симпатического пограничного ствола и клетки боковых рогов, а также и более высокие отделы вегетативно-сосудистых центров. В развитии изменений участвуют ретикулярная формация, стволовые вегетативные образования, диэнцефальная область, корковые вегетативные клетки. В боковых рогах спинного мозга развиваются явления парабиоза. При воздействии вибрации существует функционально-морфологическое единство поражений нервно-сосудистой системы. Большую роль играют функциональные изменения адаптационно-компенсаторного характера, наступающие под влиянием стрессорного фактора (вибрации) в ретикулярной формации и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системе.

Возникновение и развитие вибрационной болезни обусловлено сложным взаимодействием рефлекторно развивающихся изменений в деятельности различных отделов нервной системы. Большую роль в характере реакций организма играют сопутствующие факторы: микротравматизация, охлаждение, статическое мышечное усилие, пониженное атмосферное давление, производственный шум. Вибрационная болезнь характеризуется определенной клинической картиной. Основные симптомы в определенной степени обусловлены частотной характеристикой вибрации. Так, при воздействии низкочастотной вибрации наблюдается периферический ангиодистонический синдром, синдромы вегетативного полиневрита, вегетомиозита, неврита. Воздействие среднечастотной вибрации вызывает ангиодистонический и ангиоспастический синдромы и синдром вегетомиозита. Ангиоспастический синдром разной степени выраженности вплоть до генерализованного наблюдается при воздействии высокочастотной вибрации — локальной и общей. Эта

вибрация (высокочастотная локальная и общая) в тяжелых и далеко зашедших стадиях вибрационной болезни может вызывать дизэнцефальный синдром с нейроциркуляторными нарушениями. Однако в клинической картине вибрационной болезни нет полной корреляции выраженности отдельных синдромов и физических параметров вибрации, так как формирование симптомокомплекса зависит еще от наличия ряда неблагоприятных факторов внешней среды.

### **3. Вибрационная болезнь**

**Клиническая картина** вибрационной болезни характеризуется полиморфностью, полисиндромностью и не всегда специфична. Она зависит от длительности действия и параметров вибрации, места и площади соприкосновения с вибрирующим источником. Большое значение имеют влияние дополнительных факторов производственной среды и индивидуальная резистентность организма. В зависимости от этого клиническая симптоматика проявляется в виде различных форм и синдромов. Каждая форма вибрационной патологии, обусловленная локальной или общей вибрацией, имеет определенные особенности, сказывающиеся на степени выраженности того или иного синдрома. Выделяют семь синдромов заболевания: ангиодистонический, ангиоспастический, синдром вегетативного полиневрита, невритический, вегетомиофасцита, дизэнцефальный, вестибулярный. Развитие того или иного синдрома обусловлено характером вибрации и стадией заболевания. Ангиодистонический синдром развивается в результате воздействия высокочастотной вибрации на начальных стадиях заболевания, среднечастотной — на начальной и умеренно выраженной стадиях, низкочастотной — на всех стадиях патологического процесса. Характерными симптомами его являются вегетативно-сосудистые нарушения на конечностях, нарушение капиллярного кровообращения. Ангиоспастический синдром различной степени выраженности наблюдается при действии высокочастотной вибрации на всех стадиях заболевания. Проявляется он спастическим состоянием капилляров, приступами “белых пальцев”, нарушением кожной температуры. Часто возникает выраженное снижение вибраци-

онной чувствительности с преимущественной локализацией на руках или ногах. Синдром вегетативного полиневрита характерен на начальных стадиях болезни при действии низкочастотной вибрации. При этом появляются болевые феномены, снижение кожной температуры, возможны также нарушение кожной чувствительности, вегетативные симптомы. Синдром неврита возникает при низкочастотной вибрации в сочетании с обратным ударом, травматизацией при упоре инструмента, а также в выраженных стадиях заболевания. Для него характерны нарушение чувствительной и рефлекторной сферы, избирательные амиотрофии. При воздействии низкочастотной вибрации, связанной со значительным статическим напряжением, развивается синдром вегетомиофасцита, который проявляется сосудистыми нарушениями, болевыми феноменами, изменением чувствительности по периферическому или сегментарному типу. В далеко зашедших стадиях заболевания может наблюдаться дисциркуляторный синдром с нейроциркуляторными нарушениями, для которого характерны генерализованные сосудистые нарушения и кризы (церебральные, коронарные), а также различные обменные и эндокринные нарушения. В клинической картине заболевания возможно также появление различных вестибулярных нарушений: головокружение, нистагм, атаксия, миньероподобные кризы. Выделяют три формы вибрационной болезни:

- 1) вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации;
- 2) вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации;
- 3) вибрационная болезнь от комбинированной вибрации — общей и локальной.

#### **4. Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций**

Основными законодательными документами являются:

«Санитарные нормы и правила при работе с инструментами, механизмами и оборудованием, создающими вибрации, передаваемые на руки работающих» (№ 626—66);

«Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» СН 245—71;

«Санитарные нормы и правила по ограничению вибрации и шума на рабочих местах тракторов, сельскохозяйственных

мелиоративных, строительно-дорожных машин и грузового автотранспорта № 1102-73 от 18/V 1973 г.».

В санитарных нормах и правилах № 626—66 устанавливаются предельно допустимые величины вибрации, возникающей при эксплуатации виброопасного оборудования, предельно допустимый вес машин, удерживаемых руками в процессе работы, предельно допустимые силы ручного нажатия, необходимые для работы машины в паспортном режиме, а также условия измерения нормируемых величин и условия работы с вибрирующим оборудованием.

Оценка степени вредности вибрации ручных машин производится по спектру виброскорости в диапазоне частот 11—2800 Гц. Для каждой октавной полосы в пределах указанных выше частот устанавливается предельно допустимое значение средне-квадратической величины виброскорости в м/с и ее уровни в децибелах относительно  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с и вертикальной вибрации в октавных полосах частот от 2 до 63 Гц, возбуждаемые работой оборудования и передаваемые на рабочие места в производственных помещениях. В СН 245—71 также предусмотрена зависимость нормируемых величин от продолжительности воздействия вибрации на протяжении рабочей смены.

Вес вибрирующего оборудования или его частей, удерживаемый руками, не должен превышать 10 кг, а усилие нажима — 20 кг.

Допустимые уровни вибрации рабочих мест приводятся в «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий» СН 245—71, распространяющихся на проектирование вновь строящихся и реконструируемых предприятий, зданий и сооружений промышленности, транспорта, связи, сельского хозяйства и электрических станций, опытно-экспериментальных производств и установок. Нормируемыми параметрами вибрации, так же как в СН 626—66, являются среднеквадратические величины колебательной скорости или амплитуды перемещений горизонтальной и вертикальной вибрации в октавных полосах частот от 2 до 63 Гц, возбуждаемые работой оборудования и передаваемых на рабочие места в производственных помещениях. В СН — 71 также предусмотрена зависимость нормируемых величин от продолжительности воздействия вибрации на протяжении рабочей смены.

Если продолжительность воздействия вибрации меньше 4 ч в течение рабочего дня, допустимые величины и уровни следует увеличивать в 1,4 раза (на 3 дБ), при воздействии менее 2 ч — в 2 раза (на 6 дБ), при воздействии менее 1 ч — в 3 раза (на 9 дБ).

Санитарные нормы и правила № 1102—73 от 18/V 1973 г. соблюдаются на рабочих местах водителя (оператора) и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, самоходных, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин; строительно-дорожных, землеройно-транспортных, мелиоративных и других аналогичных видов машин, а также грузового автотранспорта. Эти нормы и правила являются обязательными для всех организаций проектирующих, изготавливающих и проводящих капитальный ремонт машин. Они устанавливают допустимые величины вибрации, возникающей на рабочих местах и органах управления машин в процессе передвижения их по местности, агрофону и дорогам и выполнения производственных операций без передвижения; допустимые уровни шума на рабочих местах, а также внешнего шума машин в процессе выполнения производственных операций с передвижением и без него. Замеры вибрации и шума, сопоставление их с допустимыми величинами указанных норм с внесением соответствующих данных в паспорт машин проводятся при государственных и заводских (ведомственных) испытаниях опытных образцов; контрольных испытаниях серийно-выпускаемых машин; испытаниях после капитального ремонта, а также при контрольных испытаниях у потребителя. В нормах приводятся допустимые величины и уровни колебательной скорости вертикальной и горизонтальной вибрации в пределах среднегеометрических частот октавных полос на сиденье или рабочей площадке и на органах управления (рулевое колесо, рычаги, педали и т. п.).

Существуют также «Санитарные нормы вибрации на морских, речных и озерных судах» № 1103—73 от 18/V 1973 г., которые устанавливают предельно допустимые величины вибрации в местах пребывания экипажа и пассажиров на морских, речных и озерных судах; условия измерения вибрации и требования к измерительной аппаратуре.

Эти ограничения распространяются на все самоходные суда и на вновь проектируемые и проходящие большой капи-

тальный ремонт суда. Установлены также допустимые величины вибрации на рабочих местах для обслуживающего персонала и пассажиров на подвижном составе железнодорожного транспорта (СН 1209—74 от 30/ХП 1974 г.).

Гарантией соблюдения требований санитарных норм в отношении параметров вибрации для виброопасных машин является утверждение Государственных стандартов

### **Профилактические мероприятия**

К организационно-техническим мероприятиям относятся: замена операций, требующих применения ручных машин, автоматизацией процессов и дистанционным управлением:

- максимальное увеличение прессовой и односторонней клепки взамен ударной; уменьшение удельного веса обрубных работ за счет внедрения точного литья, дробеструйной очистки литья, газопламенной резки и электроискровой и электрохимической обработки; применение самоходного оборудования с автоматическим управлением взамен ручного бурения; механизация процессов ручной формовки, дистанционное управление бетоноукладчиков и пр.

- планово-предупредительный ремонт и контроль за вибрационными параметрами. Ручные машины, находящиеся в эксплуатации, не реже, чем 1 раз в 6 месяцев, должны проверяться на соответствие их вибрационных параметров паспортным данным. Все результаты контрольных измерений вибрации машины, отметки о ремонте и профилактике вносятся в специальный журнал и индивидуальный паспорт машины. Ручные машины должны быть индивидуально закреплены за работающими, храниться в специально отведенных местах, регулярно смазываться.

К *техническим мероприятиям* относится создание новых конструкций инструментов и машин, вибрация которых не должна выходить за пределы безопасной для человека, а усилие, прикладываемое руками работающего к ручной машине, *должно* быть в пределах 15—20 кг. Создание клепальных, рубильных, отбойных, бурильных и других конструкций, в которых используются различные принципы виброзащиты — изменение внутреннего цикла работы молотков, выбор рациональных па-

раметров ударного узла, применение различных демпфирующих приспособлений.

Следует учитывать, что государство должно предусматривать мероприятия по дальнейшему снижению вредного воздействия вибрации машин, технологического оборудования и механизированного инструмента на работников различных отраслей народного хозяйства и указывать, что выпуск ручных машин на неспециализированных предприятиях может быть разрешен только по согласованию с соответствующими государственными органами.

К ручным машинам с уменьшенной вибрацией относятся: серийно выпускаемые пневматические рубильные молотки М-4, М-5; пневматические клепальные молотки КМП-13, КМП-23, КМП-31, бензопила «Дружба-5». Серийно выпускаются виброгасящие каретки к пневматическим бурильным перфораторам КВ-1У (используются при бурении горизонтальных и наклонных шпуров); КВС-1 (при бурении нисходящих шпуров); КР-1А (при бурении горизонтальных и наклонных шпуров). Рекомендуются легкие распорные колонки (ЛКР) для ручных перфораторов; пневматические отбойные молотки МО-6А. Вибрация, не превышающая санитарной нормы, возникает при работе буровых кареток К.БШМ, портативных буровых установок БПУ, колонковых перфораторов ПК-65 и буровых колонок БК1В. Для уменьшения вибрации отбойных молотков используются антивибрационные устройства УВ-1, которые защищают правую руку при отбойке угля и мягкой породы, и УВ-2 для защиты обеих рук при обработке камня.

Рекомендуются вибробезопасные шлифовальные машинки ИП-2013 для нужд машиностроительной промышленности.

Для защиты левой руки от вибрации вставного инструмента применяются виброгасящие насадки из губчатой резины, пластмассы в комбинации с пружинными амортизаторами. Подобные насадки используются и для защиты от вибрации рукоятки шлифовальных машин. Уменьшения вибрации шлифовальных и других инструментов вращательного действия можно добиться тщательной регулярной балансировкой абразивных кругов и насадок, регулярной заменой кругов с нарушенными поверхностями, создающими дисбаланс.

Для уменьшения вибрации, передаваемой на рабочие места, применяются специальные амортизирующие сиденья, площадки с пассивной пружинной изоляцией, резиновые, поролоновые и другие виброгасящие настилы.

Расчет фундаментов и виброизоляционных средств на стадии проектирования является кардинальным средством снижения общей вибрации при установке мощных машин и агрегатов.

В соответствии с рекомендациями к разработке положения о режиме труда работников виброопасных профессий общее время контакта с вибрирующими машинами, вибрация которых соответствует санитарной норме, на протяжении смены не должно превышать  $\frac{2}{3}$  длительности рабочего дня. Операции должны распределяться между работниками так, чтобы продолжительность непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, не превышала 15—20 мин. Рекомендуется при этом два регламентированных перерыва (для активного отдыха, проведения производственной гимнастики по специальному комплексу, гидропроцедур): 20 мин (через 1—2 ч от начала смены) и 30 мин (через 2 ч после обеденного перерыва).

Если вибрация машины превышает санитарную норму, расчет ограничения времени контакта с вибрацией производится в соответствии с таблицей «Допустимая суммарная длительность вибрации за рабочую смену».

При разработке режимов труда в соответствии с таблицей должно соблюдаться соотношение длительности воздействия вибрации и выполнение других операций, не связанных с ней, не менее 1 :2. Запрещаются проведение сверхурочных работ при работе с виброопасными машинами и работа в выходные дни.

К работе с вибрирующими машинами и оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет, получившие соответствующую квалификацию и сдавшие технический минимум по правилам безопасности выполнения работ. При приеме на работу они должны проходить предварительный медицинский осмотр, а в процессе работы — периодические осмотры не реже 1 раза в год.

Работа с вибрирующим оборудованием, как правило, должна проводиться в отапливаемых помещениях с температурой воздуха не менее 16° при влажности 40—60% и скорости движения не более 0,3 м/с.



При невозможности создания подобных условий (работа на открытом воздухе, подземные работы и т.п.) для периодического обогрева должны быть предусмотрены специальные отапливаемые помещения с температурой воздуха не менее 22°, относительной влажностью 40—60% и скоростью движения воздуха — 0,3 м/с.

В качестве индивидуальных средств защиты от вибрации применяются гасящие вибрацию рукавицы и специальная обувь. В настоящее время требования к защитным рукавицам с применением упруго-демпфирующих материалов впервые регламентируются специальным ГОСТом 12.4.002-74 г. стандартизируется эффективность гашения вибрации, толщина упруго-демпфирующего материала, преимущественная область применения и другие требования к защитным изделиям этого типа.

Для повышения защитных свойств организма, работоспособности и трудовой активности следует использовать специальные комплексы производственной гимнастики, витаминно-профилактику (два раза в год комплекс витаминов С, В; никотиновая кислота), спецпитание. Целесообразно проведение в середине или в конце рабочего дня 5—10-минутных гидропроцедур, сочетающих ванночки при температуре воды 38° и самомассаж для верхних конечностей.

## **Лекция № 7. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм акустических колебаний: шума, ультразвука и инфразвука**

### **Вопросы**

1. Акустические колебания, действие на организм человека. Шум.

1.1. Заболевания, вызванные воздействием шума, экспертиза трудоспособности.

1.2. Санитарно-гигиеническое нормирование. Профилактические мероприятия.

2. Воздействие ультразвука на организм человека. Заболевания, вызываемые контактным ультразвуком. Нормирование.

3. Инфразвук: особенности биологического действия. Нормирование

## **1. Акустические колебания, действие на организм человека. Шум**

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми, изображенными на диаграмме области слухового восприятия: нижняя - порог слышимости, верхняя - порог болевого ощущения. Самые низкие значения порогов лежат в диапазоне 1-5 кГц. Порог слуха молодого человека составляет 0 дБ на частоте 1000 Гц, на частоте 100 Гц порог слухового восприятия значительно выше, так как ухо менее чувствительно к звукам низких частот. Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м<sup>2</sup>. Звуковые ощущения оцениваются по порогу дискомфорта (слабая боль в ухе, ощущения касания, щекотания).

Шум определяют как совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность, дБА: разговорная речь - 50-60, автосирена - 100, шум двигателя легкового автомобиля - 80, громкая музыка - 70, шум от движения трамвая - 70-80, шум в обычной квартире - 30-40.

По спектральному составу в зависимости от преобладания звуковой энергии в соответствующем диапазоне частот различают низко-, средне- и высокочастотные шумы, по временным характеристикам - постоянные и непостоянные, последние в свою очередь делятся на колеблющиеся, прерывистые и импульсные, по длительности действия - продолжительные и кратковременные. С гигиенических позиций придается большое значение амплитудно-временным, спектральным и вероятностным параметрам непостоянных шумов, наиболее характерных для современного производства.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакций, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию ра-

ботающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т.п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций. Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции центральной нервной системы (ЦНС) до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния ЦНС и, что очень важно, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю. Индивидуальная чувствительность к шуму составляет 4-17%. Считают, что повышенная чувствительность к шуму определяется сенсibilизированной вегетативной реактивностью, присутствующей 11% населения. Женский и детский организмы особенно чувствительны к шуму. Высокая индивидуальная чувствительность может быть одной из причин повышенной утомляемости и развития различных неврозов.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40-70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, и при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума с уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха - профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) - и смерть.

Специфическое шумовое воздействие, сопровождающееся повреждением слухового анализатора, проявляется медленно прогрессирующим снижением слуха. У некоторых лиц серьез-

ное шумовое повреждение слуха может наступить в первые месяцы воздействия, у других потеря слуха развивается постепенно, в течение всего периода работы на производстве. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ - начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

Оценка состояния слуховой функции базируется на количественном определении потерь слуха и производится по показателям аудиометрического исследования. Основным методом исследования слуха является тональная аудиометрия. При оценке слуховой функции определяющими приняты средние показатели порогов слуха в области восприятия речевых частот (500, 1000, 2000 Гц), а также потеря слухового восприятия в области 4000 Гц.

В качестве критерия профессионального снижения слуха принят показатель средней арифметической величины снижения слуха в речевом диапазоне, равный 11 дБ и более. Помимо патологии органа слуха при воздействии шума наблюдаются отклонения в состоянии вестибулярной функции, а также общие неспецифические изменения в организме; рабочие жалуются на головные боли, головокружение, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка и желчного пузыря, изменение кислотности желудочного сока. Шум вызывает снижение функции защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям.

Факторы, отягощающие действие шума: вынужденное положение тела, нервно-эмоциональное напряжение, вибрация, неблагоприятные метеорологические факторы, воздействие пыли, токсических веществ.

### **1.1. Заболевания, вызванные воздействием шума, профилактика, экспертиза трудоспособности**

#### **Специфическое действие**

1. Шумовая травма - связана с влиянием очень высокого звукового давления (взрывные работы, испытания мощных двигателей). Клиника: внезапная боль в ушах, поражение барабанной перепонки вплоть до ее прободения.

2. Утомление слуха - объясняется перераздражением нервных клеток слухового анализатора и выражается ослаблением слуховой чувствительности к концу рабочего дня. При хроническом воздействии шума это перераздражение служит причиной постепенного развития профессиональной тугоухости (просирующее снижение слуха).

3. Кохлеарный неврит – развивается медленно. Предшествует адаптация у шума и развитие утомления слуха. Начальная стадия: звон в ушах, головокружение, восприятие разговорной шепотной речи не нарушено. В основе лежит поражение звуковоспринимающего аппарата, атрофия начинается в области основных и нижних завитков улитки, то есть в той части, которая воспринимает высокие тоны, поэтому в начальной стадии характерно порога восприятия на высокие звуковые частоты (4000-8000 Гц). По мере прогрессирования заболевания повышается порог восприятия на средние, затем на низкие частоты. При выраженной стадии снижается восприятие шепотной речи, формируется тугоухость.

### **Неспецифическое действие**

Симптомокомплекс “шумовая болезнь” включает функциональные нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, желудочно-кишечного тракта, эндокринных желез в виде неврозов, невротизации, астено-вегетативного синдрома с сосудистой гипертензией, гипертонической болезни, угнетения секреций ЖКТ, нарушения функции эндокринных желез.

Воздействие шума на организм человека вызывает изменения прежде всего в органе слуха, а также в нервной и сердечно-сосудистой системах. При этом степень выраженности этих изменений различна. Она зависит от интенсивности шума, длительности его действия в течение рабочего дня, стажа работы в условиях воздействия шума, а также от индивидуальной чувствительности организма, интенсивности физической нагрузки и комплекса других вредных производственных факторов.

Симптомокомплекс, развивающийся в организме под влиянием шума, называется шумовой болезнью.

## **Патогенез**

Травмирующее действие шума на организм человека складывается из нескольких компонентов.

Изменения, возникающие в органе слуха, связаны с повреждающим действием шума на периферический отдел слухового анализатора — внутреннее ухо. Первичной локализацией поражения являются клетки внутренней спиральной борозды и кортиевого органа.

Наряду с этим в механизме действия шума на орган слуха существенную роль играет перенапряжение тормозного процесса, которое при отсутствии достаточного отдыха приводит к истощению звуковоспринимающего аппарата и перераспределению клеток, входящих в его состав.

Длительное воздействие шума вызывает стойкие нарушения в системе кровоснабжения внутреннего уха. Это является причиной последующих изменений в лабиринтной жидкости и способствует развитию дегенеративных процессов в чувствительных элементах кортиевого органа.

В патогенезе профессионального поражения органа слуха нельзя исключить роль ЦНС. Патологические изменения, развивающиеся в нервном аппарате улитки при длительном воздействии интенсивного шума, в значительной мере обусловлены переутомлением корковых слуховых центров.

Каждый из указанных моментов имеет определенное значение на каком-то из этапов поражения слуха в результате воздействия шума.

Слуховой анализатор имеет обширные анатомо-физиологические связи с различными отделами нервной системы. Акустический раздражитель, действуя через рецепторный аппарат слухового анализатора, вызывает рефлекторные сдвиги в функциях его коркового отдела и других органах и системах организма человека.

## **Клиническая картина**

Клинические проявления шумовой болезни складываются из специфических изменений в органе слуха и неспецифических — со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Профессиональное снижение слуха обычно бывает двусторонним и протекает по типу кохлеарного неврита.

Как правило, стойким изменениям слуха предшествует период адаптации к шуму. В этот период наблюдается нестойкое снижение слуха, возникающее непосредственно после действия акустического раздражителя и исчезающее после прекращения его действия. Адаптация является защитной реакцией слухового анализатора.

Развитие стойкого снижения слуха происходит постепенно.

Начальной стадии заболевания могут предшествовать ощущение звона или шума в ушах, головокружение, головная боль. Восприятие разговорной и шепотной речи в этот период не нарушается.

Важным диагностическим методом выявления снижения слуха служит исследование функции слухового анализатора с помощью тональной аудиометрии. Ее проводят спустя несколько часов после прекращения действия шума. На начальных стадиях поражения слухового анализатора характерным является повышение порога восприятия на высокие звуковые частоты (4000—8000 Гц). По мере прогрессирования патологического процесса повышается порог восприятия на средние, а затем и низкие частоты. Восприятие шепотной речи понижается в основном при более выраженных стадиях профессионального снижения слуха, переходящих в тугоухость.

Особое место в патологии органа слуха занимают поражения, обусловленные воздействием сверхинтенсивных шумов и звуков. Даже при кратковременном действии они могут вызывать полную гибель спирального органа и разрыв барабанной перепонки, сопровождающиеся чувством заложенности и резкой болью в ушах. Исходом такой травмы является полная потеря слуха.

Неспецифические проявления шумовой болезни являются результатами функциональных нарушений деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем. Они возникают при длительном систематическом воздействии интенсивного шума.

Характер и степень нарушений в значительной мере зависят от интенсивности шума.

При длительном воздействии интенсивного шума развиваются астеновегетативный синдром, вегетососудистая дисфункция.

В неврологической картине основными жалобами являют-

ся головная боль тупого характера, чувство тяжести и шума в голове, появляющиеся к концу рабочей смены или после работы, головокружение при перемене положения тела, появляется раздражительность, снижаются трудоспособность, память и внимание, нарушение ритма сна (сонливость днем, тревожный сон или бессонница в ночное время). Характерна также повышенная потливость, особенно при волнении.

При обследовании таких больных наблюдается мелкий тремор пальцев вытянутых рук, тремор век, снижаются сухожильные рефлексы, угнетены глоточный, небный и брюшные рефлексы, отмечаются снижение возбудимости вестибулярного аппарата, мышечная слабость. Нарушается болевая чувствительность в дистальных отделах конечностей, снижается вибрационная чувствительность. Выявляется ряд функциональных и эндокринных расстройств, таких как гипергидроз, стойкий красный дермографизм, похолодание кистей и стоп, угнетение и извращение глазосердечного рефлекса, повышение или угнетение ортоклиностатического рефлекса, усиление функциональной активности щитовидной железы.

Изменения со стороны сердечно-сосудистой системы на начальных стадиях заболевания носят функциональный характер. В период пребывания в условиях шума наблюдается неустойчивость пульса и артериального давления. После рабочего дня отмечается брадикардия, повышается диастолическое давление, появляются функциональные шумы в сердце. Больные жалуются на сердцебиение, неприятные ощущения в области сердца в виде покалываний.

На электрокардиограмме выявляются изменения, свидетельствующие об экстракардиальных нарушениях: синусовая брадикардия, брадиаритмия, тенденция к замедлению внутрижелудочковой или предсердно-желудочковой проводимости. Иногда наблюдается склонность к спазму капилляров конечностей и сосудов глазного дна, а также к повышению периферического сопротивления.

Функциональные сдвиги, возникающие в системе кровообращения под влиянием интенсивного шума, со временем могут привести к стойким изменениям сосудистого тонуса, способствующим развитию гипертонической болезни.



## **Диагностика**

Профессиональный характер поражения органа слуха устанавливают на основании клинической картины постепенно-го развития заболевания по типу двустороннего кохлеарного неврита. При этом отсутствуют видимые изменения в звукопроводящем аппарате; нет воспалительных явлений со стороны среднего уха, повреждений барабанной перепонки.

Учитываются также стаж работы в условиях воздействия интенсивного шума, возможность развития заболевания в связи с перенесенными инфекционными заболеваниями (нейроинфекцией, гриппом, менингитом), контузией или приемом некоторых лекарственных препаратов (таких как стрептомицин, хинин и др.).

## **Лечение**

Синдром снижения слуха практически не всегда поддается лечению, нельзя рассчитывать на полное восстановление слуха. Возможно лишь некоторое улучшение слуха после прекращения работы в условиях воздействия шума при настойчивом медикаментозном лечении. Используют сосудорасширяющие средства (никотиновую кислоту, резерпин), средства, улучшающие нервно-трофическую регуляцию во внутреннем ухе. Применяют общеукрепляющие средства (алоз), витаминотерапию.

В комплексе лечебных мероприятий используют физиотерапевтические методы: диатермию, парафин, ил, грязелечение на область сосцевидных отростков, ионогальванизацию с ионами йодистого калия, местную дарсонвализацию, соляно-хвойные и сероводородные ванны.

## **Экспертиза трудоспособности**

При решении вопроса о трудоспособности лиц с профессиональным снижением слуха или функциональными нарушениями деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, обусловленными воздействием шума, следует учитывать степень этих расстройств, время их развития от начала работы в условиях шума, профессию больного, а также конкретные условия труда.

1-я степень потери слуха характеризуется функциональной неустойчивостью слухового анализатора. Это ранний признак воздействия шума. Трудоспособность рабочих при 1-й и 2-й степенях потери слуха обычно полностью сохраняется. Они

могут быть оставлены на прежней работе при условии динамического наблюдения за состоянием слуха не реже 1 раза в году.

При 3-й степени потери слуха вопрос о переводе на работу, не связанную с воздействием шума, решается индивидуально. Если изменение слуха возникло спустя много лет после начала работы в условиях воздействия шума и процесс не имеет тенденции к прогрессированию или до ухода на пенсию остается небольшой срок, то такие больные могут быть оставлены на своей работе при условии систематического наблюдения отоларингологом. Если умеренная степень снижения слуха развилась после непродолжительного периода работы в условиях воздействия шума (через 2—5 лет) или сочетается с выраженными функциональными расстройствами нервной либо сердечно-сосудистой системы, то такие лица нуждаются в трудоустройстве вне воздействия шума и других неблагоприятных производственных факторов.

При 4-й степени потери слуха появляется выраженный кохлеарный неврит, независимо от времени развития заболевания дальнейшая работа в условиях воздействия шума противопоказана. Больные нуждаются в рациональном трудоустройстве или переквалификации.

Пилоты, водители локомотивов, испытатели моторов, имеющие профессиональную тугоухость, независимо от степени ее выраженности нуждаются в переводе на другую работу, не связанную с воздействием шума.

## **1.2. Санитарно-гигиеническое нормирование. Профилактические мероприятия**

*Нормируемые параметры шума* в местах пребывания людей определены ГОСТ 12.1.003-83 с дополнениями 1989 г. и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки".

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31, 5	63	125	250	500	100 0	200 0	400 0	8000	12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60	
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помеще-	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	

	ниях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах										
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Подвижной состав железнодорожного транспорта											
6	Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7	Рабочие места в кабинах машинистов скоростных и пригородных электропо-	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

	ездов										
8	Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебных помещений, рефрижераторных секций, вагонов электростанций, помещений для отдыха багажных и почтовых отделений	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9	Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Морские, речные, рыбопромысловые и др. суда											
10	Рабочая зона в помещениях энергетического отделения судов с постоянной вахтой (помещения, в которых установлена главная энергетическая установка, котлы, двигатели и механизмы, вырабатывающие энергию и обеспечивающие работу различных систем и устройств)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
11	Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ) судов (звукоизолированные), помещениях, выделенных из энергетического отделения, в которых установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
12	Рабочие зоны в служебных помещениях судов (рулевые, штурманские, багермейстерские рубки, радиорубки и др.)	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
13	Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности (помещения	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

	для переработки объектов промысла рыбы, морепродуктов и пр.)										
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
14	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелноративные и др. аналогичные виды машин											
16	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Пассажирские и транспортные самолеты и вертолеты											
17	Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов:										
	допустимые	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
	оптимальные	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
<b>Примечания.</b> 1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда в соответствии с табл. 1. 2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе											

Документы дают классификацию шумов по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам - на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) в девяти октавных полосах частот в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБА), определяемый по шкале А шумометра с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности ор-

ганов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Непостоянные шумы делятся на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные. Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука (дБА).

При оценке шума допускается использовать дозу шума, так как установлена линейная зависимость "доза - эффект" по временному смещению порога слуха, что свидетельствует об адекватности оценки шума по энергии. Дозный подход позволяет также оценить кумуляцию шумового воздействия за рабочую смену.

Оценивать и прогнозировать потери слуха, связанные с действием производственного шума, дает возможность стандарт ИСО 1999: (1975) "Акустика - определение профессиональной экспозиции шума и оценка нарушений слуха, вызванных шумом".

В производственных условиях нередко возникает опасность комбинированного влияния высокочастотного шума и низкочастотного ультразвука, например, при работе реактивной техники, при использовании плазменных технологий.

## **Профилактика**

**Технологические мероприятия** - улучшение конструкции приборов для снижения уровня шума (например, замена клепки на сварку), использование различных материалов, поглощающих шум.

**Санитарно-технические мероприятия** - использование поглощающих панелей, специальных кожухов.

**Индивидуальные средства защиты** (беруши уменьшают шум на 15 дБ, наушники - на 30 дБ).

Организационные мероприятия – рациональный режим труда и отдыха.

### **Медицинские профилактические осмотры.**

Законодательные мероприятия - нормирование шума в производственных помещениях. Для цехов норма шума составляет 80 дБ. Если человек находится в диспетчерской, то есть защищен от общего цехового шума, то уровень шума не должен превышать 60 дБ.

Важное значение имеют предварительные (при поступле-

нии на работу) и периодические **медицинские осмотры**. Таким осмотрам подлежат лица, работающие на производствах, где шум превышает предельно допустимый уровень.

Сроки периодических медицинских осмотров устанавливаются в зависимости от интенсивности шума. При интенсивности шума от 80 до 99 дБ — 1 раз в 24 месяца, 100 дБ и выше — 1 раз в 12 месяцев. Первый осмотр отоларинголог проводит через 6 месяцев после предварительного медицинского осмотра при поступлении на работу, связанную с воздействием интенсивного шума. Медицинские осмотры должны проводиться с участием отоларинголога, невропатолога, терапевта. Для определения состояния функции слухового анализатора проводят аудиометрию.

Дополнительными медицинскими **противопоказаниями** к допуску на работу, связанную с воздействием интенсивного шума, являются следующие заболевания:

- стойкое понижение слуха (хотя бы на одно ухо) любой этиологии;
- отосклероз и другие хронические заболевания уха с заведомо неблагоприятным прогнозом;
- нарушение функции вестибулярного аппарата любой этиологии, в том числе болезнь Меньера;
- наркомания, токсикомания, в том числе хронический алкоголизм;
- выраженная вегетативная дисфункция;
- все формы гипертонической болезни.

## **2. Воздействие ультразвука на организм человека.**

### **Заболевания, вызываемые контактным ультразвуком.**

#### **Нормирование**

**Ультразвуки** (неслышимые звуки) представляют собой механические колебания упругой среды и отличаются от звуковых волн более высокой частотой, превышающей верхний порог слышимости (20000гц); диапазон ультразвуковых колебаний чрезвычайно широк — от  $2 \cdot 10^4$  до  $10^9$  гц.

Ультразвуковые волны распространяются в любой упругой среде (жидкой, твердой, газообразной), лучше в металлах, воде, хуже в воздухе.



*Зависимость* между длиной волны ( $\lambda$ ), частотой ( $f$ ) и скоростью ( $c$ ) выражается формулой:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

При попадании на границу двух различных сред часть энергии проходит в другую среду, часть отражается. Чем больше акустическое сопротивление сред (произведение плотности среды на скорость распространения в ней ультразвука), тем меньше переход ультразвуков из одной среды в другую. Например, почти 10% ультразвуковой энергии переходит из железа в воду и только 0,1% поступает из железа в воздух. Наибольшее отражение ультразвуковых колебаний наблюдается на границе вода—воздух; хорошо ультразвук проходит из воды в биологические ткани. При прохождении в различных средах ультразвуковые волны в разной степени поглощаются ими, чем обусловлено избирательное действие. Например, абсорбционные свойства мышечной ткани выше жировой; в сером веществе мозга поглощение почти в 2 раза выше, чем в белом; наибольшее поглощение наблюдается в костной ткани, наименьшее — в спинномозговой жидкости.

Поглощение ультразвука сопровождается нагреванием среды. Термический эффект усиливается с повышением частоты колебаний. Помимо теплового действия, ультразвук вызывает в средах ряд других явлений. Например, прохождение ультразвука в жидкости сопровождается *эффектом кавитации*. При распространении упругих волн в жидкости возникают последовательно *фазы сжатия и разрежения*, в отдельных участках образуются разрывы или полости, которые заполняются парами жидкости и растворенными в ней газами. При этом в образовавшемся пузырьке создается большое давление, которое может достигать нескольких атмосфер. Последующее сжатие приводит к захлопыванию пузырька, что сопровождается гидравлическим ударом, обладающим большой разрушительной силой. Этим обусловлено механическое действие ультразвука. Образование кавитационных полосстей сопровождается распространением на пограничных поверхностях электрических зарядов, вызываю-

щих люминесцентное свечение, ионизацию молекул воды. С этими явлениями связан ряд химических эффектов: окисляющее действие ультразвука, ускорение химических реакций, разрушение органических соединений.

Впервые ультразвуки были применены французом Ланжевенном и русским инженером Н. К. Шиловским в 1916 г., в целях гидролокации. Начало промышленному применению ультразвуков было положено советским ученым С. Я. Соколовым, который в 1927 г. разработал первый в мире ультразвуковой дефектоскоп. В настоящее время ультразвуки применяются в машиностроении, металлургии, радиотехнической, химической, фармацевтической, легкой и других отраслях промышленности.

В технике ультразвук используется в целях интенсификации технологических процессов — при очистке и обезжиривании деталей, механической обработке твердых и хрупких материалов (сверлении, резании) при сварке, пайке, лужении; для ускорения химических реакций в гальванотехнике, при получении эмульсий; мойке стеклотары, для анализа и контроля (дефектоскопия, определение вязкости, плотности, температуры исследуемых материалов и т. п.). В качестве источников ультразвука применяются акустические преобразователи: пьезоэлектрические, магнитострикционные, аэродинамические, гидродинамические (свистки, сирены), электродинамические. Наиболее распространены в промышленности пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи. Пьезоэлектрические преобразователи используются преимущественно в контрольно-измерительных приборах, дефектоскопах. Для этих целей чаще применяются ультразвуки высокой частоты (порядка нескольких мегагерц), но небольшой мощности (100—300 вт). Более широко распространены в промышленности магнитострикционные преобразователи. Они применяются для генерирования ультразвука при интенсификации технологических процессов. В технологических целях используются низкочастотные ультразвуки 24 000—30 000 гц. Мощность применяемых преобразователей в зависимости от технологического процесса различна и колеблется от 100вт до 5—10квт. Именно эта область применения ультразвука должна в первую очередь привлекать внимание врача.

Основными элементами ультразвукового оборудования

являются генератор и акустический преобразователь. Под действием переменного электрического тока, подаваемого с генератора, в преобразователе возбуждаются механические колебания.

При процессах, протекающих в жидкости (очистка и обезжиривание деталей, электрические процессы в гальванотехнике), пластинчатый преобразователь встроен в дно ванны. От излучающей поверхности его колебания передаются жидкости, в которую погружаются обрабатываемые детали. Процессы, связанные с возбуждением ультразвука в твердых средах (сверление, сварка, резание и др.), осуществляются на станках, машинах и агрегатах. Встроенные в них стержневые преобразователи скреплены с инструментом (сверлом, резцом), через который ультразвуковые колебания воздействуют на обрабатываемую деталь.

Работа ультразвукового оборудования независимо от того, протекает ли процесс в жидкой или твердой среде, сопровождается распространением ультразвуковых колебаний в окружающей среде. Источником ультразвука является открытая поверхность преобразователя. При процессах, осуществляющихся в жидкости, ультразвуки поступают в воздух также с ее поверхности. Но изолированно ультразвуковые колебания в производственных условиях почти не встречаются. Генерирование ультразвуковых колебаний сопровождается слышимым шумом, который обусловлен кавитацией, колебаниями обрабатываемых деталей и металлических конструкций оборудования.

Воздействие звуковых и ультразвуковых колебаний на организм работающих происходит через воздух и вследствие непосредственного контакта рук работающего со средами, в которых возбуждены колебания (*контактный путь воздействия*).

В производственных помещениях суммарные уровни звукового и ультразвукового давления при разных технологических процессах колеблются от 90 до 130 дБ. Спектр колебаний, создаваемых ультразвуковым оборудованием в воздухе, характеризуется необычайной широтой. Он охватывает весь слышимый диапазон частот и продолжается в ультразвуковой области. При рабочей частоте оборудования 20 000 гц в спектре наблюдаются ультразвуки с частотой до 100 000 гц. Однако наиболее высокие уровни приходятся на область высоких звуковых и низких ультразвуковых частот, т. е. от 8000—10000 до 31000 гц с макси-

мумом на рабочей частоте. Своеобразный комплекс высокочастотных звуковых и низкочастотных ультразвуковых колебаний является особенностью условий труда. В случае применения ультразвуковых колебаний в жидкости повышение спектральных уровней может наблюдаться с 4000—6000 гц. Увеличение рабочей частоты соответственно вызывает изменения спектрального состава: основная масса энергии размещается в области рабочей и близлежащих в ней частот.

Контактное воздействие ультразвука носит локальный, как правило, периодический и кратковременный характер. Воздействию подвергаются руки рабочего, чаще в период загрузки и выгрузки деталей при обслуживании ультразвуковых ванн, при удерживании детали руками во время обработки, при пайке и лужении, а иногда при сварке и очистке. Иногда такой контакт является следствием несоблюдения мер предосторожности работающими. Если учесть, что в средах, с которыми соприкасаются рабочие, интенсивность довольно высокая, даже кратковременный контакт является крайне нежелательным.

Из методов ультразвукового анализа и контроля наиболее широкое применение имеет дефектоскопия. При дефектоскопии, как правило, используются ультразвуки высокой частоты порядка сотен килогерц и нескольких мегагерц. При этом основное внимание следует уделить предотвращению контактного воздействия, особенно в период монтажа, наладки и испытания дефектоскопов.

При работе сирен, свистков, электродинамических излучателей Синклера в воздухе могут создаваться ультразвуковые поля интенсивностью 140—160 дб. Эти виды оборудования используются для экспериментальных работ, а в производственных условиях почти не встречаются.

Наиболее изучено биологическое действие ультразвука при контактном его воздействии. В эксперименте установлено, что ультразвуковые колебания, глубоко проникая в организм, могут вызвать серьезные локальные нарушения в тканях: воспалительную реакцию, геморрагии, а при высокой интенсивности — некроз.

В производственных условиях вследствие кратковременного воздействия ультразвука описанные выше контактные гру-

бые нарушения не наблюдаются. При систематическом же контакте с источником ультразвука в жидкости (у медицинских работников) выявлены профессиональные заболевания — парезы кистей и предплечий.

Имеются экспериментальные данные о действии ультразвука, распространяющегося в воздухе. Низкочастотные ультразвуки высокой интенсивности (160— 165 дБ) в течение нескольких минут вызывают гибель животных от паралича дыхательного центра при явлениях ожога кожи, гипертермии, паралича конечностей.

Результаты клинических наблюдений за состоянием здоровья работающих получены в условиях одновременного действия шума и ультразвука. Лица, обслуживающие ультразвуковое оборудование, предъявляют многообразные жалобы, главным образом на головную боль, головокружение, быструю утомляемость, расстройство сна, сонливость днем, раздражительность, повышение чувствительности к звукам. К концу смены может наблюдаться повышение температуры тела, урежение пульса (брадикардия), замедление рефлекторных реакций на внешние раздражения. При клиническом обследовании отмечается астенический синдром.

Исследования высшей нервной деятельности указывают на снижение активности торможения, силы раздражительного процесса и инертности его. У лиц, длительное время занятых экспериментальной работой на ультразвуковых установках, иногда наблюдаются дизэнцефальные нарушения (потеря в весе, резкий подъем содержания сахара в крови с медленным падением до исходного уровня, гипертиреоз, повышение механической возбудимости мышц, зуд, пароксизмальные приступы типа висцеральных кризов). Нередки нарушения функции периферического отдела нервной системы, онемение, снижение всех видов чувствительности по типу коротких и длинных перчаток, гипергидроз. Наблюдаются также снижение слуха и своеобразные расстройства со стороны вестибулярного аппарата — отсутствие *нистагма* (непроизвольные быстро следующие друг за другом движения глаз из стороны в сторону) в одну или обе стороны при вестибулярных пробах, диссоциация между нистагменной и другими рефлекторными реакциями, диссоциация между вра-

щательной и калорической пробой. Изменения являются следствием комбинированного действия шума и ультразвука. Периферические нарушения обусловлены преимущественно контактным воздействием ультразвуковых колебаний. Мероприятия должны быть направлены на ограничение воздействия звуковых и ультразвуковых колебаний, передающихся по воздуху и контактным способом.

Основной мерой снижения шума и ультразвука является понижение интенсивности в источнике, но этот путь не всегда технически возможен. На промышленных предприятиях нередко применяется завышенная интенсивность ультразвуковых колебаний, поэтому в первую очередь следует уделять внимание рациональному подбору мощности оборудования. В тех случаях, когда снижение интенсивности противоречит интересам технологии, наиболее эффективной мерой снижения шума и ультразвука является звукоизоляция оборудования.

Имеется опыт применения звукоизолирующих устройств. Ванны в звукоизоляционном исполнении выпускаются серийно. Звукоизоляция обеспечивается кожухом из листовой стали с герметично закрывающейся крышкой. Внутренние стенки кожуха выстланы слоем пористой резины. Суммарный уровень звукового и ультразвукового давления снижается при этом на 25—30 дБ.

Следует иметь в виду, что в момент загрузки и выгрузки деталей звукоизоляция нарушается. Поэтому целесообразно предусматривать автоматическое выключение колебаний при открывании крышки кожуха. Желательно также применение звукоизолирующих устройств для мощных станков и сварочных машин.

Применение звукоизолирующего кожуха на станках позволяет снизить уровень звукового и ультразвукового давления на 30—40 дБ. Так как кожух полностью укрывает рабочую поверхность, то применение его создает неудобства при кратковременной обработке, требующей частой смены обрабатываемых деталей, но может с успехом применяться при длительном процессе.

Профилактика контактного воздействия ультразвука достигается путем выключения колебаний в период загрузки и выгрузки деталей, для чего рекомендуется применение автоблокировки.

В значительной мере можно ослабить интенсивность контактного воздействия применением специальных приспособлений для загрузки деталей (сеток, сосудов из оргстекла и др. с ручками, имеющими эластичное покрытие). При необходимости периодического кратковременного контакта рекомендуется применение зажимов, щипцов, ношение резиновых и хлопчатобумажных перчаток. На стенках и сварочных машинах должны быть предусмотрены специальные приспособления для закрепления деталей во время обработки.

Промышленные установки, работающие в ультразвуковом низкочастотном диапазоне, обычно имеют широкий спектр частот в слышимом и ультразвуковом диапазонах. Уровень звукового давления на рабочих частотах 18, 20, 22, 24 КГц колеблется от 80 до 120 дБ и выше. При этом уровни звукового давления в слышимом диапазоне нередко превышают предельно допустимые уровни, в связи с чем у рабочих с большим стажем работы может наступить профессиональное снижение слуха.

Гигиеническими исследованиями было установлено, что наряду с воздействием ультразвуковых колебаний на руки работающих, эксплуатирующих ультразвуковые установки, неблагоприятное воздействие оказывают также статическое напряжение мышц кисти и предплечья, стереотипные рабочие движения, неудобная фиксированная рабочая поза с наклонами корпуса, нервно-эмоциональное и длительное зрительное напряжение, обусловленное необходимостью рас шифровки с экрана эхо-сигнала.

#### **Заболевание, вызванное контактными ультразвуком.**

Вегетативно-сенсорная полиневропатия рук, периферический ангиодистонический синдром от воздействия ультразвука. Заболевание классифицируется как профессиональное.

#### **Лечение**

Купирование болевого синдрома чувствительных расстройств (парестезии) достигается назначением следующих групп лекарственных веществ:

- препаратов, улучшающих трофику тканей – новокаин (в вену или путем электрофореза), витамины группы В, никотиновая кислота;

- сосудорасширяющих – галидор, дротаверина гидрохлорид и др.;

- ненаркотических анальгетиков.

По нашим данным достаточно хороший и стабильный эффект при периферических нервно-сосудистых расстройствах (вегетативно-сенсорная полинейропатия, периферический ангиодистонический синдром) различного генеза дает применение парацетамол-содержащих препаратов. Положительный эффект при лечении полинейропатий и периферических гемодинамических нарушений получен и при применении гинкгобилоба, главными действующими компонентами которого являются флавоноиды и терпеновые вещества. Препарат улучшает микроциркуляцию, действуя преимущественно на артериолы и не вызывая «эффекта обкрадывания», уменьшает агрегацию тромбоцитов и эритроцитов, улучшает реологические свойства крови, обладает антиоксидантными свойствами, нормализует процесс прохождения импульсов по нервному волокну.

Периодические медицинские осмотры проводят 1 раз в 12 месяцев, в осмотре должен участвовать терапевт и невропатолог. Кроме общепринятых мер профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на организм работающих (профотбор, периодические медосмотры), важная роль принадлежит индивидуальным средствам защиты (специальные перчатки, экраны и пр.), которыми дефектоскописты и медицинские работники часто пренебрегают. Дополнительными медицинскими противопоказаниями для работы в контакте с ультразвуком являются хронические заболевания периферической нервной системы, облитерирующий эндартериит, болезнь Рейно, ангиоспазмы периферических сосудов.

**Нормирование**

Согласно санитарным нормам и правилам при промышленных ультразвуковых установках предельно допустимые уровни звукового давления на частоте 20 КГц составляют 100 дБ, 40 КГц – 110 дБ.

### **3. Инфразвук: особенности биологического действия.**

#### **Нормирование**

**Инфразвук** представляет собой механические колебания, распространяющиеся в упругой среде с частотами менее 20 Гц.



Инфразвуковые колебания подчиняются в основном тем же закономерностям, что и звуковые, но низкая частота колебаний придает им некоторые особенности. Инфразвук отличается от слышимых звуков значительно большей длиной волны.

Распространение инфразвука в воздушной среде происходит, в отличие от шума, на большие расстояния от источника, вследствие малого поглощения его энергии. Инфразвук характеризуется такими же параметрами, как и звук. Чем больше амплитуда колебаний, тем больше инфразвуковое давление и соответственно *сила инфразвука*. *Инфразвуковое давление выражается в ньютонах на квадратный метр ( $\text{Н/м}^2$ )*. Единицей измерения интенсивности инфразвука является ватт на квадратный метр ( $\text{Вт/м}^2$ ).

Инфразвук характеризуется частотой колебаний, которая регистрируется в герцах (Гц). Уровень интенсивности инфразвука выражается в децибелах (дБ). Важной характеристикой инфразвука является энергетический спектр его мощности, т. е. распределение ее по частотам колебаний.

Воздействию инфразвука человек может подвергаться во время работы и в период отдыха. Многие явления природы — землетрясения, извержения вулканов, морские бури — генерируют инфразвуковые волны.

В современном производстве инфразвуковые колебания в настоящее время имеют широкое распространение. Они образуются при работе компрессоров, турбин, дизельных двигателей, электровозов, промышленных вентиляторов и других крупногабаритных машин и механизмов.

Промышленными источниками интенсивных инфразвуковых волн являются механизмы и агрегаты, имеющие поверхности больших размеров, совершающие вращательное или возвратно-поступательное движение с повторением циклов, менее чем 20 раз в секунду (инфразвуки механического происхождения), и турбулентные процессы при движении больших потоков газов или жидкости (инфразвуки аэродинамического происхождения).

Многие производственные процессы сопровождаются излучением в окружающую среду интенсивных звуковых волн очень низких частот. Причиной их возникновения являются первоначальные возмущающие силы машин и механизмов.

Спектры шума этих объектов имеют широкополосный характер с наибольшей звуковой энергией в области низких частот.

Мощным источником инфразвуковых волн в процессе работы компрессорных машин является воздухозаборная система. Спектры шума всасывания имеют четко выраженный гармонический характер на низких частотах и широкополосный на высоких.

Уровень звуковой мощности шума воздухозаборной системы прямо пропорционален мощности компрессора. Увеличение мощности компрессора вдвое повышает уровень звуковой мощности на 3 дБ. При работе компрессоров типа ВП 20/8 на рабочем месте дежурного мастера суммарный уровень звукового давления составляет 113 дБ. Уровень максимальной интенсивности находится в низкочастотном диапазоне и составляет 111 дБ, на частотах выше 50 Гц — достигает 96 дБ. Наибольшие уровни звукового давления приходится на частоты 8; 12,5 и 20 Гц.

Во многих случаях инфразвуковые колебания являются доминирующей частью спектров шума.

В турбинах интенсивность шума на инфразвуковых частотах наиболее велика.

У виброплощадок основным излучателем звуковой мощности на низких частотах являются колебания подвижной рамы и формы с бетоном. Звуковая мощность на низких частотах и частоте вибрирования пропорциональна площади излучающей поверхности, перпендикулярной направлению распространения колебаний, в значительной мере она зависит от конструкции площадки. Наименьшие уровни инфразвука и низкочастотного шума соответствуют виброплощадкам, конструкции которых близки к излучателю типа поршневой диафрагмы при отсутствии экрана.

Инфразвуковые колебания имеют место в авиационной и космической технике. Источниками инфразвука в авиации являются турбина и компрессор реактивного двигателя. Реактивные двигатели и ракеты генерируют высокие уровни инфразвукового давления с максимальной энергией в низкочастотной области спектра (в диапазоне от 1 до 100 Гц).

### **Действие на организм**

Инфразвук влияет на весь организм человека, отражается

на его здоровье и работоспособности. Данные многих исследователей свидетельствуют о высокой чувствительности организма человека к уровням колебаний с максимумом энергии в области инфразвуковых частот.

В результате длительного воздействия низкочастотных колебаний у человека развивается значительная астения, появляется слабость, утомляемость, снижается работоспособность, появляется раздражительность, нарушается сон. У некоторых лиц отмечаются нервно-вегетативные нарушения и даже появляются психические нарушения. Известно также, что рабочие компрессорных станций предъявляют жалобы на усталость, головную боль, общее недомогание, плохой сон.

У лиц, находящихся на расстоянии 200—300 м от реактивных самолетов, появляется чувство беспричинного страха, повышается артериальное давление, наблюдаются случаи обморочного состояния.

При работе реактивных двигателей возникает сотрясение грудной клетки и брюшной полости, появляется состояние, напоминающее морскую болезнь, развивается головокружение, тошнота.

Особенностью действия инфразвука является высокая специфическая чувствительность органа слуха к низкочастотным колебаниям.

Описаны случаи неблагоприятного действия инфразвука (патология среднего уха) на рабочих, обслуживающих дизельные двигатели. Четко выявляется снижение слуховой чувствительности (на 10—15 дБ) на всех частотах, причем наибольшее — преимущественно на низких и средних.

Низкочастотные колебания воспринимаются как физическая нагрузка, у человека увеличивается общий расход энергии, возникает утомление, головная боль, головокружение, вестибулярные нарушения, снижается острота зрения и слуха, изменяется ритм дыхания и сердечных сокращений, кровяное давление; могут быть нарушения периферического кровообращения, центральной нервной системы, пищеварения. Характер и выраженность изменений в организме зависят от диапазона частот, уровня звукового давления и длительности воздействия.

В производственных условиях развивающиеся изменения

в организме нередко не могут быть отнесены полностью только за счет инфразвука, так как на работающего воздействуют звуковые колебания широкого спектра. Однако в экспериментальных условиях доказано, что инфразвуковые колебания вызывают выраженные изменения в организме. После воздействия инфразвука появляется головная боль, давление на барабанные перепонки, ощущение колебания внутренних органов, брюшной стенки, отдельных групп мышц (икроножных, спинных и др.). Помимо этого, жалобы на сухость во рту, затрудненное глотание, влажность рук и резко выраженное чувство усталости. Установлено снижение слуховой чувствительности, преимущественно на низких и средних частотах, изменения в периферическом кровообращении.

Обнаруженные сдвиги не были стойкими, через 25—30 мин возвращались к исходным цифрам, однако чувство усталости сохранялось длительное время.

Инфразвуковые колебания с уровнем звукового давления до 150 дБ находятся в пределах выносливости человека при кратковременном воздействии. Низкочастотные колебания с уровнем свыше 150 дБ испытываемые совершенно не переносят. Вначале появляются жалобы на головную боль, головокружение, изменение ритма сердечной деятельности, учащение дыхания, звон в ушах, снижение остроты зрения, колебания в области грудной клетки, кашель. Затем возникает чувство страха, тошнота, общая слабость, утомление.

Частоты колебаний от 2—15 Гц являются особенно нежелательными из-за резонансных явлений в организме. Инфразвук с частотой 8 Гц наиболее опасен для человека, так как возможно его совпадение с альфа-ритмом биотоков мозга. При частотах от 1 до 3 Гц возможна кислородная недостаточность, нарушение ритма дыхания. При частотах от 5—9 Гц появляются болезненные ощущения в грудной клетке и в нижней части живота. В диапазоне частот от 8 до 12 Гц появляются боли в пояснице, а при более высоких частотах отмечаются болезненные симптомы в полости рта, гортани, мочевом пузыре, прямой кишке, а также в некоторых мышцах.

Таким образом, инфразвук как профессиональный фактор может воздействовать на весь организм человека и оказывает спе-

цифическое действие на орган слуха. Причиной биологического действия инфразвука служат, по-видимому, колебания, воспринимаемые как органом слуха, так и всей поверхностью тела.

### **Профилактические мероприятия**

В настоящее время уровни интенсивности инфразвуковых колебаний не нормируются вследствие недостаточной их изученности. Общепринятые звукоизмерительные приборы и методы измерения шума на производстве не позволяют выявить величины инфразвуковых составляющих в спектрах шума.

Для регистрации инфразвуковых сигналов и измерения их могут быть применены микрофоны, специально оборудованные для этой цели.

Снижение интенсивности инфразвука на производстве — одна из первоочередных задач гигиены труда.

Борьба с неблагоприятным воздействием производственного инфразвука включает целый комплекс мероприятий, относящихся к технической и медицинской компетенции, и должна проводиться в следующих направлениях:

1. Ослабление инфразвука в его источнике, устранение причин возникновения;
2. Изоляция инфразвука;
3. Поглощение инфразвука, постановка глушителей;
4. Индивидуальные средства защиты;
5. Медицинская профилактика.

Уменьшение интенсивности инфразвука, генерируемого агрегатами или механизмами, представляет собой сложную техническую задачу, поэтому вопросы уменьшения интенсивности низкочастотных колебаний рационально решать на стадии проектирования. Борьба с инфразвуком должна начинаться с разработки проектного задания на строительство предприятия.

Важное место в борьбе с инфразвуком принадлежит методам и средствам строительной акустики. Большое значение имеет рациональная планировка помещений и размещение инфразвукового оборудования. Необходимо агрегаты изолировать в отдельное помещение.

Предупредительный и текущий санитарный надзор являются частью большой работы по предупреждению инфразвуко-

вой патологии. Ослабление инфразвука в самом источнике образования является наиболее радикальным средством борьбы с низкочастотными колебаниями машин и механизмов.

Для уменьшения амплитуды инфразвуковых колебаний могут быть использованы следующие способы:

интерференционный,

отражения звуковых волн к источнику их генерирования, поглощения звуковой энергии и некоторые другие.

Э.Н. Малышевым разработан способ пассивно-динамического рассеивания звуковой энергии, смонтирован и испытан динамический глушитель шума всасывания компрессоров типа ВП 20/8. Он представляет собой расширительную камеру с двойными стенками. Наружные стены выполнены жесткими, а внутренние — подвижными со звукопоглощающей облицовкой. Интенсивность инфразвуковых колебаний ослабляется вследствие механического выпрямления периодических колебаний воздуха. Применение динамического глушителя снижает шум всасывания компрессора более чем на 20 дБ.

Кроме динамического глушителя, для уменьшения интенсивности шума всасывания компрессоров типа ВП 20/8М может применяться двухкамерный кольцевой гаситель.

Интенсивность инфразвуковых составляющих в шуме всасывания компрессоров может быть уменьшена при помощи глушителей динамического и кольцевого типа. Наибольшую эффективность в широком диапазоне частот обеспечивает динамический глушитель.

Для уменьшения шума виброплощадок предложен новый способ их возбуждения путем передачи колебательной энергии на расстояние при помощи интенсивных низкочастотных звуковых колебаний направленного действия. Виброустройство выполняется в виде акустического резонатора с одной подвижной стенкой, на которую устанавливается форма с бетонной смесью, а горло резонатора герметично соединено с генератором механических колебаний упругой среды (например, воздуха).

Предложенное техническое решение исключает из конструкции виброплощадок шумный механический привод.

Инфразвук оказывает влияние на орган слуха и равновесия и на всю поверхность человеческого тела, поэтому необхо-

дима надежная защита как органа слуха применением противозвучающих по ГОСТу 15762—70, так и поверхности тела от воздействия инфразвука.

Одной из важнейших мер медицинской профилактики вредного влияния инфразвука является проведение предварительных и периодических медицинских осмотров. Особое внимание надо уделить профессиональному отбору лиц, поступающих для постоянной работы с оборудованием, генерирующим инфразвук.

Лица, подвергающиеся воздействию инфразвука и ультразвука, проходят предварительные и периодические медицинские осмотры.

### **Лекция № 8. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм неионизирующих излучений**

Вопросы:

1. Биологическое действие электромагнитными полями (ЭМП) радиочастот. Заболевания, вызываемые ЭМП. Экспертиза трудоспособности. Профилактические мероприятия. Гигиеническое нормирование ЭМП радиочастот (ГОСТ 12.1.006-84 и СНиП 2.2.4/2.1.8.055-96);

2. Биологическое действие лазерного излучения на организм человека. Заболевания, вызываемые лазерным излучением. Экспертиза трудоспособности. Профилактические мероприятия. Гигиеническое нормирование.

3. Электрические поля токов промышленной частоты: влияние на организм, гигиеническое нормирование ТПЧ на производстве (ГОСТ 12.1.002-84, СН 5802-91 и СанПин 2.2.4.723-98) и в окружающей среде (СН 2971-84).

4. Статическое электричество: биологическое действие, заболевания, вызываемые ЭСП, нормирование электрических полей по ГОСТ 12.1.045-84. Виды воздействия электротока на организм человека.

## Производственное излучение

Под излучением понимают электромагнитные волны различной длины и частоты.

Спектр излучения обладает большим диапазоном длины волн и частоты колебаний; в настоящее время он представляется в следующем виде:

Переменные токи промышленной частоты	10 <sup>3</sup> км
Длинные	3000 – 30000 м
Средние	100 – 3000 м
Радиоволны	короткие 10 – 100 м
Ультракороткие	1 – 10 м
Ультрарадиоволны	10 см – 1 мм
Инфракрасное излучение	1 мм – 0,76 мк
Световое излучение	0,76 мк – 76 Å <sup>1</sup>
Рентгеновские лучи	20 Å – 71X <sup>2</sup>
Гамма-лучи	71 – 19 X

Где Å(ангстрем) = 10<sup>-4</sup> мк (0,0001мк); а X = 10<sup>-3</sup> Å

Кроме электромагнитного излучения, существует корпускулярное излучение: α- и β - частицы, нейтронное излучение.

**Электромагнитное излучение** делится на **ионизирующее и неионизирующее**

Таблица 1

Ионизирующее и неионизирующее электромагнитное излучение

Частота (Гц)	Вид излучения	Биологический эффект
1-50	Электрический ток	?
10 <sup>6</sup> -10 <sup>11</sup>	Радиоволны	Термический эффект, катаракта
10 <sup>9</sup> -10 <sup>10</sup>	Микроволновое излучение	Помутнение хрусталика
10 <sup>11</sup> -10 <sup>14</sup>	Инфракрасное излучение	Катаракта
10 <sup>15</sup>	Видимый свет	Ожоги сетчатки (лазерное излучение)
10 <sup>15</sup> -10 <sup>18</sup>	Ультрафиолетовое излучение	Ожоги кожи, язвы
10 <sup>18</sup> -10 <sup>22</sup>	Рентгеновское и гамма-излучение	Острое и позднее повреждение; злокачественные опухоли
10 <sup>27</sup>	Космическое излучение	?

Рентгеновское, гамма- и космическое излучение относят к **ионизирующему излучению**. Также существует излучение элементарных частиц: альфа, бета или электронов, нейтронов,



мюзонов и дейтрино. Энергию этих частиц измеряют в мегаэлектроновольтах (МЭВ).

В производственных условиях гигиеническое значение имеют:

а) радиоволны (широко применяются для высокочастотного нагрева металлов, при индукционной плавке металлов, при изготовлении и эксплуатации генераторов высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот) ;

б) инфракрасные лучи (излучаемые нагретыми предметами);

в) видимые лучи ;

г) ультрафиолетовые лучи (при электросварке, электроплавке металлов) ;

д) рентгеновы лучи (в рентгеновских кабинетах, лабораториях, институтах и медицинских учреждениях);

е) лучи радия (при добыче и использовании радия и радиоактивных веществ).

Характер биологического действия отдельных участков спектра излучения зависит от физических свойств волн этого участка, главным образом от длины волны.

## **1. Биологическое действие электромагнитными полями (ЭМП) радиочастот. Заболевания, вызываемые ЭМП. Экспертиза трудоспособности. Профилактические мероприятия. Гигиеническое нормирование ЭМП радиочастот (ГОСТ 12.1.006-84 и СНиП 2.2.4/2.1.8.055-96)**

Электромагнитные волны различных диапазонов получили широкое применение в радиолокации, радиометеорологии, радиоастрономии, радионавигации, в космических исследованиях, ядерной физике. В физиотерапевтических кабинетах при работе медицинской аппаратуры возникают электромагнитные поля, действию которых подвергается персонал.

Известно, что источниками излучения радиоволн являются ламповые генераторы, которые преобразуют энергию постоянного тока в энергию переменного тока высокой частоты. В рабочих помещениях радиотелевизионных станций источниками высокочастотных полей могут явиться недостаточно качественно защищенные блоки передатчиков, разделительные

фильтры и излучающие антенные системы. Наиболее выраженное биологическое действие оказывают поля СВЧ. Установлено, что сантиметровые и миллиметровые волны поглощаются кожей и, действуя на рецепторы, оказывают рефлекторное влияние на организм.

**Радиоволны** – электромагнитные поля радиочастот – являются частью широкого электромагнитного спектра с длиной волны от нескольких миллиметров до нескольких километров. Возникают они в результате колебаний электрических зарядов. Чем выше частота колебаний, тем короче длина волны. Дециметровые волны, проникая на глубину 10–15 см, могут непосредственно действовать на внутренние органы. По всей вероятности, аналогичным действием обладают волны и диапазона УВЧ. Различают короткие, ультракороткие (КВ, УКВ), а также волны высокой, ультравысокой частоты (ВЧ, УВЧ). Электромагнитные волны распространяются со скоростью световых волн. Подобно звуковым, они обладают резонирующим свойством, вызывая в одинаково настроенном колебательном контуре совпадающие колебания. Величина поля, создаваемая генераторами, характеризуется как напряженностью электрического поля, измеряемого в вольтах на метр (В/м), так и напряженностью магнитного поля, которое выражают в амперах на метр (А/м). В качестве единицы интенсивности облучения сантиметровыми волнами принята интенсивность, выраженная в величинах плотности потока мощности (величина энергии волн в ваттах, падающей на  $1 \text{ см}^2$  поверхности тела в секунду). Напряженность электромагнитных полей (ЭМП) в помещении зависит от мощности генератора, степени экранирования и наличия в помещении металлических покрытий.

#### *Патогенез*

В настоящее время доказано, что поглощенная организмом электрическая энергия может вызвать как термический, так и специфический биологический эффект. Интенсивность биологического действия нарастает с увеличением мощности и длительности действия ЭМП, причем выраженность реакции в основном зависит от диапазона радиочастот, а также от индивидуальных особенностей организма. Интенсивное облучение сначала вызывает тепловой эффект. Влияние микроволн большой ин-

тенсивности связано с выделением тепла в биообъекте, что приводит к нежелательным последствиям (нагрев органов и тканей, термическое поражение и т.п.). В то же время при ЭМП ниже допустимого наблюдается своеобразное специфическое (нетермическое) действие, проявляющееся возбуждением блуждающего нерва и синапсов. При воздействии токов высокой и сверхвысокой частоты отмечается кумуляция биологического эффекта, в результате чего возникают функциональные нарушения в нервной и сердечнососудистой системе.

#### *Клиническая картина*

В зависимости от интенсивности и длительности воздействия радиоволн выделяют острые и хронические формы поражения организма. *Острое поражение* возникает только при авариях или грубом нарушении техники безопасности, когда работающий оказывается в мощном ЭМП. Наблюдается температурная реакция (39–40 °С); появляется одышка, ощущение ломоты в руках и ногах, мышечная слабость, головные боли, сердцебиение. Отмечаются брадикардия, гипертензия. Описаны выраженные вегетативно-сосудистые нарушения, диэнцефальные кризы, приступы пароксизмальной тахикардии, состояние тревоги, повторные носовые кровотечения, лейкоцитоз.

При *хроническом воздействии* наиболее часто больные предъявляют жалобы на общую слабость, быструю утомляемость, снижение работоспособности, расстройства сна, раздражительность, потливость, головную боль неопределенной локализации. Некоторых беспокоят боли в области сердца, иногда сжимающего характера с иррадиацией в левую руку и лопатку, одышка. Болезненные явления в области сердца чаще ощущаются к концу рабочего дня, после нервного или физического напряжения. Отдельные лица могут предъявлять жалобы на потемнение в глазах, головокружение, ослабление памяти, внимания. При объективном исследовании нервной системы у многих больных наблюдаются вазомоторная лабильность, усиление пилomotorного рефлекса, акроцианоз, гипергидроз, стойкий, чаще красный, дермографизм, тремор век и пальцев вытянутых рук, оживление сухожильных рефлексов. Все это проявляется в виде астеновегетативного синдрома той или иной степени выраженности. К числу наиболее характерных реакций организма на

воздействие электромагнитных полей СВЧ относятся сдвиги в парасимпатической нервной системе. Они выражаются в артериальной гипотензии и тенденции к брадикардии, частота и степень выраженности которых зависят от интенсивности облучения. У работающих с СВЧ-генераторами возможны нарушение терморегуляции и другие явления вегетативно-сосудистой или диэнцефальной патологии (субфебрильная температура, термоасимметрия, двугорбая или плоская сахарная кривая), отмечается угнетение чувствительности кожи к ультрафиолетовым лучам. В редких случаях наблюдается диэнцефальный синдром.

Клиническая симптоматика патологических изменений со стороны сердечнососудистой системы напоминает картину нейрциркуляторной дистонии, чаще гипотонического типа, в миокарде обнаруживаются изменения миокардиодистрофического характера.

Эндокринно-обменные нарушения проявляются также на фоне функциональных расстройств центральной нервной системы. Нередко отмечаются сдвиги в функциональном состоянии щитовидной железы в сторону повышения ее активности. При выраженных формах патологии нарушается деятельность половых желез (дисменорея у женщин, импотенция у мужчин).

Воздействие радиоволн сопровождается изменениями показателей периферической крови, причем нередко отмечаются неустойчивость, лабильность их. Наблюдается тенденция к лейкоцитозу или, чаще, к лейкопении, нейтропении, относительно лимфоцитозу. Имеются указания на повышение в периферической крови числа эозинофилов, моноцитов и уменьшение количества тромбоцитов. Со стороны красной крови выявляется небольшой ретикулоцитоз. Микроволны при особо неблагоприятных условиях труда оказывают повреждающее действие на глаза, вызывая помутнение хрусталика – СВЧ-катаракту. Изменения могут со временем прогрессировать. Помутнение, выявленное при биомикроскопии, отмечается в виде белых точек, мелкой пыли, отдельных нитей, располагающихся в переднезаднем слое хрусталика, вблизи экватора, в отдельных случаях – в форме цепочек, бляшек и пятен. При диагностике профессиональных заболеваний используется синдромная классификация поражений СВЧ-полем, предложенная Э.А. Дрогичиной и М.Н.

Садчиковой, выделяют вегетативный, астенический, астеновегетативный, ангиодистонический и диэнцефальный синдромы.

#### *Лечение*

Рекомендуется общеукрепляющая терапия с применением седативных и снотворных средств. Показаны противогистаминные препараты, малые транквилизаторы, глюкоза с аскорбиновой кислотой; биогенные стимуляторы – настойка женьшеня, китайского лимонника, экстракт элеутерококка. При сочетании симптомов вегетативной дисфункции с астеническим синдромом целесообразно чередование внутримышечных инъекций глюконата кальция и внутривенных вливаний глюкозы с аскорбиновой кислотой. В случае повышения артериального давления показаны гипотензивные препараты. При сочетании функциональных нарушений центральной нервной системы (астенического синдрома с вегетативной дисфункцией) с изменениями периферической крови назначают витамин  $B_6$ . При сочетании функциональных нарушений ЦНС (астенический синдром и вегетативная дисфункция) с изменениями периферической крови назначается витамин  $B_6$ .

#### **Экспертиза трудоспособности**

При отсутствии явного лечебного эффекта, а также при выраженных формах заболевания (резкая астенизация, выраженные нейро-циркуляторные нарушения, диэнцефальная недостаточность) после соответствующих лечебно-профилактических мероприятий показан перевод на работу, не связанную с воздействием электромагнитных полей, направление на медико-социальную экспертизу для определения степени утраты трудоспособности.

**В профилактике** важное значение имеет систематический контроль за уровнем радиоизлучений, экранирование установок с целью ограждения работающих от излучения и применение индивидуальных средств защиты, предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры с участием терапевта, невропатолога, окулиста, определением содержания в крови гемоглобина, количества лейкоцитов, скорости оседания эритроцитов. Лица, занятые на работе с источниками ЭМП радиочастот (миллиметровые, сантиметровые, дециметровые), проходят осмотр 1 раз в 12 месяцев; при работе с источни-

ками электромагнитных излучений ультравысоких, высоких, низких и сверхнизких частот – 1 раз в 24 месяца. *Дополнительными медицинскими противопоказаниями* к приему на работу с токами высокой и сверхвысокой частот являются выраженная вегетативная дисфункция, катаракта, наркомания, токсикомания, в том числе хронический алкоголизм, шизофрения и другие эндогенные психозы.

**В диапазоне высоких и ультравысоких частот** для снижения напряженности электромагнитного поля на рабочих местах при термической обработке рекомендуются два типа защиты.

1. Раздельное экранирование высокочастотных элементов, являющихся источниками полей на рабочих местах (батареи конденсатора, ВЧ трансформатор, фидерные линии, плавающий индуктор).

Экранирование высокочастотных элементов генератора осуществляется листами алюминия или железа толщиной не менее 0,5 мм. Смотровые окна генераторов рекомендуется экранировать мелкоячеистой латунной сеткой с обеспечением хорошего электрического контакта по всему периметру окна.

2. Полное экранирование высокочастотного генератора предусматривает экранирование всей установки, кроме индуктора, который вместе с пультом управления выносится на наружную поверхность экрана.

Экранирование установок для нагрева диэлектриков, например, типа ЛГЕ-ЭБ для сварки пластикатов или склейки деревянных изделий и т. п. (источники излучения—рабочий конденсатор, фидерные линии), осуществляется также с помощью листов алюминия.

Снижения напряженности ВЧ и УВЧ полей в залах передатчиков радиостанций и телевизионных станций можно достичь экранированием фидерных линий, смотровых окон в шкафах передатчиков, щелей в устройствах сложения мощностей и разделительных фильтров. Более эффективным является дистанционное управление передатчиками и экранирование помещения.

Для оздоровления условий труда медицинского персонала, работающего с установками различных диапазонов радиоволн в физиотерапевтических кабинетах, рекомендуется разме-

щать ВЧ аппараты в экранирующие кабины, применять передвижные и стационарные экраны, дистанционное управление аппаратами.

**В диапазоне сверхвысоких частот** снижение плотности потока энергии на рабочих местах до предельно допустимых величин интенсивности облучения ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ) может осуществляться несколькими путями.

1. При регулировке, настройке и испытании генераторов СВЧ, передающих устройств рекомендуется уменьшение излучения непосредственно у источников путем поглощения энергии СВЧ в специальных поглотителях мощности.

2. Уменьшение излучений в производственном помещении экранированием источников излучений. Для этих целей применяются металлические сплошные или сетчатые экраны, а также экраны с поглощающим покрытием.

3. Если по условиям производственного процесса уменьшение излучений непосредственно в излучающем устройстве или его экранировка невозможны, следует применять экранировку рабочего места.

4. Для тех случаев, когда уменьшение интенсивности облучения в производственном помещении до допустимых величин ( $10 \text{ мкВт/см}^2$ ) оказывается невозможным, разрешается 15—20 минут в день работать при интенсивности облучения от 100 до  $1000 \text{ мкВт/см}^2$  при условии пользования специальными защитными очками. Очки имеют форму полумаски и могут быть двух типов—сетчатые или стеклянные с золотым покрытием или покрытием из двуокиси олова.

В целях предупреждения профессиональных заболеваний установлены предварительные и периодические медицинские осмотры. Так как изменения, возникающие в организме при воздействии электромагнитных волн радиочастот, чаще всего обратимы, то при периодических медицинских осмотрах может быть установлена необходимость временного перевода на работу, не связанную с радиоволновым облучением.

## **2. Биологическое действие лазерного излучения на организм человека. Заболевания, вызываемые лазерным излучением. Экспертиза трудоспособности. Профилактические мероприятия. Гигиеническое нормирование**

Лазеры применяются в медицине с конца 1960-х гг. Они генерируют электромагнитное излучение оптического диапазона, характеризующееся монохроматичностью, когерентностью, строгой направленностью и высокой интенсивностью излучаемой энергии.

Лазерные установки в настоящее время широко используются в промышленности, в нанотехнологиях для пайки микроэлементов, прожигания отверстий в сверхтвердых материалах, резки и при обработке кристаллов, а также в химии, геодезии, спектроскопии. Благодаря своей способности воздействовать на биологические ткани, лазерное излучение нашло широкое применение в медицине: лазерная хирургия ( $CO_2$ -лазеры – полостные и кожно-пластические операции, оперативная урология и гинекология, лечение гнойных ран и ожогов; лазерная эндоскопия (АИГ-неодимовые лазеры) – лазерная фотокоагуляция и лазерная фотодеструкция; лазерная физио-фототерапия (низкоинтенсивные лазеры – гелий-неоновые, инфракрасные).

### *Патогенез*

Энергия лазерного излучения трансформируется в биологических тканях в тепловую, может излучаться с другой длиной волны – флюоресценция, потенцировать фотохимические процессы, возбуждать электронные переходы, что кроме лечебного может иметь и повреждающее действие, в том числе и на организм работающих с хирургическими и терапевтическими лазерными установками. Помимо конкретных характеристик лазерного луча – длины волны, степени когерентности, поляризации, плотности, мощности и интенсивности действующей энергии, которые должны быть отражены в санитарно-гигиенической характеристике, – патологическое действие лазерного излучения на человека зависит от специфических свойств структур, на которые действует луч. Максимум поглощения энергии отмечают пигментированными клетками и тканями. Отсюда наиболее очевидной является возможность локального поражения глаз и



кожи, а также системное воздействие на нервную систему – вегетативно-сосудистая дистония, астенический, астено-вегетативный и гипоталамический синдром.

Развитию профессиональной патологии у работающих с лазерами, наряду с прямым действием луча, способствуют:

- диффузно-отраженное и рассеянное лазерное излучение;
- недостаточная освещенность объектов воздействия, микрома-нипуляционные технологии, требующие повышенной нагрузки на зрение;
- стабильный и импульсный шум, сопровождающий работу лазерных установок;
- значительное нервно-эмоциональное напряжение, связанное с большой ответственностью при работе с лазерным оборудованием.

#### *Клиническая картина*

Сетчатка является наиболее поражаемой частью глаза из-за фокусирующих свойств собственной оптической системы. Лазерный луч, входя в глаз, может сфокусироваться роговицей и хрусталиком на малой площади сетчатки так, что плотность мощности в фокальном пятне окажется намного выше, чем плотность мощности падающего излучения. Поэтому сетчатка может быть поражена при уровнях мощности лазерного пучка, не представляющих опасности для других частей тела. Опасная для сетчатки глаза плотность мощности может быть получена и в диффузно рассеянном лазерном свете при соответствующей мощности лазера. По стандарту Американского национального института стандартов опасным для человека считается воздействие глаз лазерного луча диаметром 7 мм и плотностью мощности 2 мВт/см<sup>2</sup> в течение 1 с и 9 мВт/см<sup>2</sup> – в течение 10<sup>-2</sup> с.

Поражения глаз лазерной радиацией не имеют специфических проявлений и обычно имитируют другие формы патологии. Ожоги хрусталика могут вызывать катаракты, сходные по своим проявлениям с врожденными или возрастными, ожоги радужки имитируют меланомы, помутнения роговицы неотличимы от помутнений другой этиологии.

В условиях производства большое значение имеет биологическое действие отраженного лазерного излучения, которое зависит от его параметров и свойств. Излучения видимого и

ближнего ИК- диапазонов воспринимаются не только сетчатой оболочкой глаза, но и клетками пигментного эпителия, сосудами глазного дна. При дальнем ИК- излучении прежде всего реагируют роговица и кожа.  $CO_2$ -лазер (длина волны 10,6 мкм) меняет регионарную и системную гемодинамику (что можно предотвратить введением антиоксидантов). Гелий-неоновый лазер не только действует на фоторецепторы сетчатой оболочки глаза, но и на пигментный эпителий, меняя кровенаполнение сосудов глаза.

В легких случаях поражения глаз обычно развиваются преходящие функциональные расстройства – нарушения темновой адаптации, изменения чувствительности роговицы, преходящая слепота. При более тяжелых заболеваниях глаз возникает скотома (выпадение части поля зрения) без каких-либо болевых ощущений. Иногда пострадавшие лишь отмечают ощущение толчка, удара в глаз. На глазном дне при этом обнаруживаются различной степени ожог и отек сетчатки, кровоизлияния в нее и стекловидное тело с последующим формированием рубца и снижением остроты зрения. Описанная картина характерна для действия лазерного излучения с длиной волны в видимой или ближней инфракрасной части спектра.

Излучение в ультрафиолетовой и дальней инфракрасной части спектра в основном поглощается поверхностными элементами оптической системы глаза. Могут развиваться очень болезненные ожоги роговицы, а при воздействии газовых лазеров, работающих на углекислом газе с длиной волны 1060 нм – преходящие очаги помутнений в роговице глаза, обусловленные денатурацией белков.

При длительном воздействии диффузно-рассеянного лазерного излучения также могут развиваться различные функциональные и органические изменения органа зрения – появление тупых болей и утомляемости глаз к концу рабочего дня, ощущение жжения, непереносимости яркого света, слезотечение или сухость в глазах. Может отмечаться повышение порогов цвето-различения, увеличение времени темновой адаптации, сужение полей зрения. При обследовании со щелевой лампой выявляются единичные и множественные помутнения в различных слоях хрусталика (преждевременное его старение) с последующим разви-

тием катаракты. У работников с большим стажем могут развиваться явления центральной дегенерации сетчатки – появление мелких очажков в макулярной и парамакулярной областях.

Последствия взаимодействия лазерного излучения с кожей зависят от длины волны и степени пигментации кожи. В видимой области отражающая способность кожи достаточно высокая. В ИК- области кожа начинает сильно поглощать излучение почти независимо от пигментации. Наиболее опасны в этом плане  $CO_2$ -лазеры (как и для роговицы глаза). Поражение кожи прямым или отраженным излучением носит разнообразный характер и строго зависит от его параметров: от легкой эритемы в месте облучения до ожогов, напоминающих электрокоагуляционные, и полного разрушения и разрывов кожных покровов. Однако даже при длительном хроническом воздействии низкоинтенсивных рассеянных лазерных излучений не вызывает какой-либо специфической дерматологической патологии.

При длительном воздействии лазерного излучения на человека в процессе его профессиональной деятельности и срыве компенсаторно-приспособительных реакций могут также развиваться патологические изменения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, относящиеся к профессиональным заболеваниям. Чаще всего – это астенический, астеновегетативный синдромы и вегетативно-сосудистая дистония. Работники при контакте с лазерным излучением жалуются на общую слабость, повышенную утомляемость, вялость, появляющиеся сначала к концу рабочего дня, а затем постоянно. Отмечаются повышенная раздражительность, гиперчувствительность к свету, слезливость, бессонница, головная боль, реже – головокружения, колющие боли в области сердца. Объективно обнаруживается оживление сухожильных рефлексов, тремор рук, век, угнетение или усиление местного красного дермографизма, гипергидроз. При исследовании электроэнцефалограммы – преимущественно гиперсинхронный тип электроэнцефалограммы. Со стороны сердечно-сосудистой системы определяются неустойчивость пульса и артериального давления, аритмии. Аускультативно выслушиваются глухие сердечные тоны, функциональный систолический шум над верхушкой сердца. ЭКГ регистрирует усиление экстракардиальных вегетативных воздействий на сердце

(синусовые аритмии и брадиаритмии, высокие зубцы Т в грудных отведениях). В крови – небольшой эритроцитоз, реже ретикулоцитоз, снижение уровней гемоглобина и ЦП, небольшой лейкоцитоз, тромбоцитопения.

Гораздо реже при длительном воздействии лазерного излучения может развиваться гипоталамический синдром, который характеризуется перестройкой нервно-гуморальных регуляторных механизмов с клиническими проявлениями поражения центрального и периферического звеньев гипоталамо-гипофизарно-адреналовой, гипоталамо-гипофизарнотиреоидной, гипоталамо-гипофизарнонадной систем.

Профилактика неблагоприятного воздействия лазерного излучения на персонал строится в соответствии с классом используемых лазеров. Большое внимание следует уделять *устранению возможных источников отражения* лазерного излучения или рассеивания. Все приспособления для юстировки лазерного луча должны иметь защитные фильтры с полосой поглощения, совпадающей с длиной волны генератора. К мерам медицинской профилактики патологического воздействия лазерного излучения относятся лечебно-оздоровительные мероприятия: лечебная физкультура, прием витаминов (комплексные поливитамины по 1 табл./сут. в течение 1–2 месяцев или витамины В и С). Кроме того, рекомендуются адаптогены – элеутерококк (по 1 чайной ложке 1 раз /сут. в течение месяца, через три месяца можно повторить курс), а также препараты расторопши, золотого корня. Медицинскими противопоказаниями для приема на работу с лазерными установками служат хронические заболевания кожи, понижение остроты зрения ниже 0,6 на одном глазу и ниже 0,5 на другом (острота зрения определяется с коррекцией), наркомании, токсикомании, в том числе хронический алкоголизм, шизофрения и другие эндогенные психозы.

#### *Экспертиза трудоспособности*

При органической прогрессирующей патологии глаз, связанной с воздействием лазерного излучения, а также нервной системы (астеноорганический синдром) больные нуждаются в постоянном трудоустройстве, исключая воздействие лучистой энергии и других неблагоприятных производственных факторов. При функциональных изменениях нервной, сердечносо-

судистой систем – временный перевод на работу, не связанную с воздействием вредных профессиональных факторов.

### **3. Электрические поля токов промышленной частоты: влияние на организм, гигиеническое нормирование ТПЧ на производстве (ГОСТ 12.1.002-84, СН 5802-91 и СанПин 2.2.4.723-98) и в окружающей среде (СН 2971-84)**

Источниками электрических полей (ЭП) промышленной частоты являются линии электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, открытые распределительные устройства (В РУ)

Ремонт проводов, выключателей сигнальных цепей и другие работы выполняются непосредственно на оборудовании ОРУ при высокой напряженности электрического поля зависимости от характера технологических операций время облучения электрическим полем различного напряжения может колебаться от нескольких минут до нескольких часов за рабочую смену

#### **Влияние на организм**

Длительная хроническое воздействие ЭП на организм человека определяется различными субъективными признаками Сюда относятся расстройства и жалобы невротического характера (чувство тяжести, головные боли в височной и потил личного областях, ухудшение памяти, повышение утомляемости, ощущение вялости, разбитость, раздражительность, боли в области сердца, нарушения сна, подавленное настроение, апатия, своеобразная депрессия с подвищеною чувствительностью к яркому свету, различных звуков и других раздражителей), проявляющиеся в конце рабочей изменений.

Разнообразные расстройства в состоянии здоровья работающих, обусловленные функциональными изменениями в деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, представляет собой один из первых проявлений профессиональной патологии

#### **Гигиеническое нормирование**

Допустимые уровни напряженности электрических полей установлены ГОСТ Стандарт устанавливает ГДР напряженности электрического поля (БП) частотой 50 Гц для персонала, обслу-

живающего электроустановки и находится я в зоне влияния электрического поля, которыми создается в зависимости от времени пребывания в ЭП, а также требования к проведению контроля уровней напряженности ЭП на рабочих местах.

Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью от 5 до 20 кВ / м включительно вычисляется по формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2$$

где T-допустимое время пребывания в ЭП, ч; Я-напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ / м

Расчет допустимой напряженности в зависимости от времени пребывания в ЭП вычисляется по формуле:

$$E = \frac{50}{T + 2}$$

где T-время пребывания в ЭП, ч.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализован однократно или раздроблено течение рабочего дня В остальные рабочего времени напряженность ЭП не может превышать 5 кВ / м

Когда обслуживающий персонал в течение рабочего дня находится в зонах с разной напряженностью ЭП, время пребывания вычисляется по формуле:

$$T_{\text{эф}} = 8 \left( \frac{I_{E1}}{T_{E1}} + \frac{I_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{I_{En}}{T_{En}} \right)$$

где T - приведенное время, эквивалентное по биологическим эффектом пребыванию в ЭП нижней границы напряженности, нормируется, ч;

TЭИ, Tп ТЭП - допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих зон, контролируемых должна превышать 8 ч

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируется «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» №5802-91 и ГОСТ 12.1.002-84 по электрическому полю и СНиП 2.2.4.723-98 по переменному магнитному полю частоты (50Гц) в производственных условиях. Пребывание в ЭП напряженностью до 5кВ/м включительно допускается в течение всего рабочего дня.

**К средствам защиты от ЭП 50 Гц относятся:**

- а) стационарные устройства экранирования (козырьки, перегородки, навесы);
- б) переносные (передвижные) экранирующие средства защиты (инвентарные навесы, палатки, перегородки, щиты, зонты, экраны)

К индивидуальным средствам защиты относятся: защитные костюмы - куртка, брюки, комбинезон; экранирующий головной убор - металлическая или пластмассовая каска для теплого времени года и теплая шапка-ушанка с Прокл Ладушка из металлизированной ткани для холодного периода года; специальная обувь, имеющая электропроводящую резиновую подошву или целиком из электропроводной резины.

Элементы стационарных и переносных, а также 313 должны иметь электрический контакт между собой и должны быть заземлены

Элементы индивидуального костюма заземляются посредством использования специальной обуви с токопроводящей подошвой Если такое не удастся, тогда предусматривают дополнительное заземление

Допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств должна быть не больше 10 Ом

Лечебно-профилактические мероприятия для работающих в зоне ЭП аналогичны требованиям, как при воздействии ЭМП

#### **4. Статическое электричество: биологическое действие, заболевания, вызываемые ЭСП, нормирование электрических полей по ГОСТ 12.1.045-84.**

##### **Виды воздействия электротока на организм человека**

Условия возникновения и накопления электростатических зарядов. Статическая электризация веществ имеет сложную природу. Существует несколько механизмов образования статического электричества: контактная электризация, электрохимический механизм, асимметричное заряджение в результате индукции в сильном электростатическом поле и др. Образование электростатических зарядов при контактной электризации происходит при разделении контактирующих поверхностей (разрыве контакта). Величина образовавшегося заряда определяется зарядами двойного слоя, электрическим сопротивлением материала и скоростью отрыва поверхностей (интенсивностью технологического процесса). В обычных же условиях при контакте двух материалов на их поверхностях вследствие действия внутриатомных электрических сил образуется двойной электрический слой. На поверхностях, одного материала в месте контакта преобладают отрицательные заряды, на поверхности другого — положительные. При сохранении контакта суммарный заряд контактирующих материалов будет равен нулю. Образовавшиеся при контактной электризации заряды могут оставаться на поверхностях после их разделения только в том случае, если время разрушения контакта окажется меньше времени релаксации (рассеивания) зарядов (рис. 3.11). Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделительных поверхностях, т.е. чем выше скорость отрыва (чем интенсивнее ведется процесс), тем больший заряд остается на поверхностях. Толщина двойного электрического слоя, т.е. пространственного разделения электрических зарядов на границах соприкосновения двух фаз (поверхностей), соответствует диаметру иона, равному  $10^{-10}$  м. При контактной электризации положительные заряды возникают на материале, имеющем большее значение диэлектрической постоянной.

Возникновение электрического заряда на материале сопровождается появлением электрического поля, каждая точка



которого характеризуется потенциалом. Величина заряда  $q$  прямо пропорциональна электрической емкости заряженных материалов и потенциалу поля. По мере разделения поверхностей увеличивается разность потенциалов ( $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ ) между двумя равномерно заряженными поверхностями, что может привести к разряду, если напряженность поля превысит электрическую прочность воздуха, равную 30 кВ/см — для однородного электрического поля.

Если при контактной электризации соприкасающиеся поверхности электропроводны, то возникающие заряды практически мгновенно релаксируют (рассеиваются), и электрические заряды на этих поверхностях не накапливаются.

Наиболее сильно электризуются материалы, имеющие удельное электрическое сопротивление 10<sup>8</sup> Ом·см и более (диэлектрики). Материалы, имеющие удельное сопротивление не более 10<sup>5</sup> Ом·см, являются электропроводниками статического электричества, в силу чего на них заряды не накапливаются.

Заряды статического электричества в производственных условиях могут накапливаться на теле работающих и их одежде во время выполнения ручных операций при промывке, чистке, протирке, проклеивании с применением этилового эфира, бензина, ацетона, непроводящих резиновых клеев, изготовлении упаковочной тары (пакетов, мешков) из синтетических пленок, на аппаратах, трубопроводах, воздуховодах при движении по ним порошков, пылегазовоздушных смесей, сжатых и сжиженных газов, а также при работе ременных передач и резиновых транспортеров, при окрасочных работах с применением пульверизаторов и т.д.

Увеличение электростатического заряда и разности потенциалов на разделенных поверхностях может привести к электрическому пробую разделяющей среды. Возникновение искрового разряда и высоких потенциалов — наиболее опасное проявление статического электричества.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает пробивной величины.

При достижении энергией искрового разряда величины

энергии воспламенения пылегазовоздушных и других взрыво- и пожароопасных смесей возникает опасность взрыва и пожара. Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении определенных условий безопасности, учитывая максимальную энергию зарядов, которая может возникать внутри объекта или на его поверхности, коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания и минимальную энергию зажигания веществ и материалов.

Заряды статического электричества и высокие потенциалы часто ведут к отказам отдельных элементов аппаратуры (полупроводниковых приборов, микросхем), являются причиной ухудшения условий труда, вызывая у работающих при разрядах неприятные болезненные ощущения.

Степень опасности статического электричества определяется электростатическими свойствами веществ и материалов, используемых на производстве, наличием в рабочей зоне взрывоопасных концентраций воздушных смесей газов, паров и пыли, а также чувствительностью изделий к электростатическим разрядам.

**Нормирование и гигиеническая оценка статического электричества.** Нормируемым параметром статического электричества, характеризующим условия труда персонала, является напряженность электростатического поля  $E$  (кВ/м), допустимые уровни которой устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочем месте.

Предельно допустимый (или наибольший) уровень напряженности устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа.

При напряженности поля, равной или меньшей 20 кВ/м, время пребывания в таком поле не регламентируется. В диапазоне напряженностей от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты (гпд), в часах, определяется по определенной формуле

**Способы и средства защиты от статического электричества.**

К общим способам по снижению возможности образования и накопления зарядов статического электричества на рабочих поверхностях, изделиях, одежде и теле работающих относятся: заземление электропроводных (в том числе и неметалли-

ческих) элементов оборудования и инструментов; общее и местное увлажнение воздуха и его ионизация; увеличение поверхностной и объемной проводимости обрабатываемых материалов; подбор контактирующих материалов, при которых уровень электризации минимален; ограничение скорости переработки и транспортирования электризующихся материалов (уменьшение скорости перемешивания и переливания жидкостей, возможности разбрызгивания и т.п.).

На производстве заземлению подлежат все металлические части оборудования, инструменты, корпуса измерительной аппаратуры, конструктивные элементы рабочего места и т.п.

Неметаллическое оборудование может считаться электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока в земле с любых точек его внешней и внутренней поверхностей не превышает 107 Ом (при относительной влажности воздуха не выше 60%). Например, покрытие пола считается электропроводным для статического электричества, если электрическое сопротивление между металлической пластиной площадью 50 см<sup>2</sup>, уложенной на пол и прижатой с силой в 25 кг/см, и заземлением не превышает 107 Ом (бетон, керамическая плитка, ксилолит, антистатический линолеум и др.).

Заземление работающих обеспечивается применением антистатических заземляющих браслетов, антистатической одежды и обуви.

Заземляющий браслет соединяется с заземлением (или с заземленной нейтралью трехфазной сети) через резистор сопротивлением не менее 1 МОм (для обеспечения электробезопасности) гибким многожильным проводом (сечением не менее 1 мм<sup>2</sup>). Общее сопротивление цепи «тело человека - земля» не должно превышать 107 Ом.

Для снижения поверхностного сопротивления покрытий рабочих поверхностей производственных участков, если позволяет технология, повышают относительную влажность до 65-75%, что достигается свободным испарением воды с больших площадей, ее распылением или выпуском пара из форсунок.

Для уменьшения плотности зарядов наэлектризованного материала применяется индукционные, высоковольтные и радиационные нейтрализаторы.

Для увеличения поверхностной и объемной электропроводности жидких и твердых материалов при их производстве вводятся различные присадки (добавки). Так, электропроводность жидкостей можно значительно увеличить, вводя в них хромовые соли синтетических жирных кислот. Для достижения желаемого эффекта количество их в процентном отношении может не превышать 0,001—0,003%.

Лучшим наполнителем для твердых диэлектриков является ацетиленовая кислота, снижающая удельное сопротивление на несколько порядков. С этой целью могут применяться также алюминиевая, медная и цинковая пыли.

Снижение поверхностного сопротивления полимерных материалов достигается применением гигроскопических и поверхностно-активных веществ типа многоатомных спиртов (гликоль, глицерин) и низкомолекулярных полигликолевых эфиров.

Недостатком поверхностного нанесения антистатических веществ является их недолговечность, так как они неустойчивы к механическим воздействиям. Наиболее эффективным является внутреннее введение этих веществ в полимеры.

Снижение возможности образования опасной искры с поверхности наэлектризованного материала достигается в некоторых случаях увеличением электрической емкости заряженного материала по отношению к земле путем установки заземленной металлической пластины либо, сетки непосредственно под заряженной поверхностью

Для снижения напряженности электростатического поля в рабочей зоне применяют стационарные или переносные экраны из металлической сетки с ячейкой площадью 4—8 см<sup>2</sup>.

Для устранения взрывоопасных концентраций мелкодисперсной пыли необходимо устройство эффективной вентиляции непосредственно с места контакта электризирующихся материалов. При этом в системе вытяжной вентиляции должны устанавливаться индукционные нейтрализаторы.

Для снижения возможности образования статического электричества при транспортировке жидкостей по трубопроводам рекомендуются скорости, не превышающие значений, указанных в табл.

Уменьшить образование электростатических зарядов при заливании жидкостей в резервуар можно также, снизив скорость заливания до значения, не превышающего 1 м/с.

При переливании жидкостей из одной емкости в другую необходимо следить за тем, чтобы жидкость не разбрызгивалась. С этой целью следует использовать трубки или воронки, нижний конец которых должен опускаться на дно сосуда или направлять жидкость вдоль его стенки.

Перемешивать жидкости рекомендуется как можно медленнее. При этом миксер выбирают из электростатически проводящих материалов.

В местах и при технологических операциях, где трудно предусмотреть меры, исключающие опасное ценообразование в результате электризации, безопасные условия могут быть обеспечены заменой горючих сред негорючими, проведением операций в атмосфере инертных газов.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045-84 "Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению Контроля" и Санитарно-гигиеническими нормами допустимой напряженности электростатического поля (№ 1757-77).

### **Лекция № 9. Медико-биологические особенности, обусловленные воздействием на организм УФ и ИК- излучений, ионизирующего излучения**

#### **Вопросы**

1. Реакции организма человека на воздействие УФ- излучения. Биологическое действие. Нормирование по СН 4557-88.
2. Реакции организма на воздействие инфракрасного излучения. Биологическое действие. Нормирование по СН 4088-86.
3. Реакции организма на воздействие ионизирующего излучения биологическое действие. Принципы гигиенического нормирования ионизирующих излучений по НРБ-99 и ОСТ 72/87.

## **1. Реакции организма человека на воздействие УФ- излучения. Биологическое действие. Нормирование по СН 4557-88**

Ультрафиолетовые лучи представляют собой часть спектра излучения, занимающую область невидимых лучей с длиной волны от 400 до 13,6 мкм. В условиях производства встречаются ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 360 до 220 мкм.

На втором Международном конгрессе радиологов было принято деление биологически активного излучения на три участка:

- а) с длиной волны 400—315 мкм;
- б) с длиной волны 315—280 мкм;
- в) с длиной волны 280—200 мкм.

Лучи, относящиеся к первому участку, характеризуются слабым биологическим действием, лучи второго участка — сильным действием на кожу и противорахитическим эффектом, лучи третьего участка оказывают выраженное влияние на тканевые белки и липоиды, вызывают гемолиз, а также обладают бактерицидными свойствами.

Советскими исследователями (Г. М. Франк и его сотрудники) установлен различный механизм действия длинноволновых и коротковолновых лучей. В основе действия длинноволновых ультрафиолетовых лучей лежит образование в коже биологически активных веществ и продуктов распада (фотолиз); в действии же коротковолновых ультрафиолетовых лучей преобладает процесс денатурации.

Источниками ультрафиолетовой радиации, оказывающими неблагоприятное влияние на организм работающих, являются вольтова дуга и ртутно-кварцевые горелки, излучающие лучи с малой длиной волны (менее 280 мкм). Облучению могут подвергаться рабочие, занятые дуговой электросваркой, при электроплавке стали, производстве радиоламп и ртутных выпрямителей, а также технический и медицинский персонал при работе с ртутно-кварцевыми лампами.

Резко выраженное воздействие ультрафиолетовых лучей на кожу вызывает дерматиты с диффузной экземой, отечностью, жжением и зудом. Наряду с этим ультрафиолетовые лучи ока-

зывают влияние на центральную нервную систему, в результате чего могут возникать и общетоксические симптомы — головная боль, головокружение, повышение температуры тела, ощущение разбитости, повышенная утомляемость, нервное возбуждение и другие явления.

Ультрафиолетовые лучи, особенно с длиной волны менее 320 мкм, вызывают заболевания глаз с характерной формой поражения — электроофтальмию. Через 5—6 часов после воздействия ультрафиолетовых лучей появляются резкая боль, резь и ощущение песка в глазах, неясное зрение, головная боль. Наблюдается сильное раздражение конъюнктивы с обильным слезотечением и резко выраженной светобоязнью. Нередко имеется и поражение роговицы в виде мелких поверхностных пузырьков. Заболевание наблюдается преимущественно у электросварщиков и лиц, занятых на киносъемках. Могут встречаться заболевания и у подсобных рабочих (слесари, монтажники), находящихся в зоне сварки. Продолжительность заболевания обычно не превышает 1—2 суток.

Меры защиты сводятся к обеспечению работающих при электрической дуговой сварке щитками или шлемами со специальными темными стеклами, а рабочих, находящихся в зоне электросварки, — защитными очками.

Однако известно не только отрицательное действие ультрафиолетовых лучей, но и благоприятное влияние их на организм. Давно уже признано важное гигиеническое значение солнечного света, ограничение или лишение которого приводит к нарушению физиологического равновесия в организме и развитию патологических явлений, получивших название «световое голодание» организма, или «ультрафиолетовая недостаточность». Наиболее частым проявлением этой патологии является авитаминоз D, который сопровождается не только нарушением фосфорно-кальциевого обмена и процесса костеобразования, но и резким ослаблением защитных сил организма, делая его особенно предрасположенным ко многим заболеваниям, в частности простудного характера.

Исследования на практически здоровых людях показали, что ультрафиолетовое облучение субэритемными и малыми эритемными дозами приводит к снижению основного обмена,

частоты пульса и дыхания в покое, к уменьшению затраты энергии и кислородного долга при работе.

Ультрафиолетовое облучение оказывает благоприятное влияние на физиологические сдвиги и работоспособность при мышечной деятельности. Повышение производительности труда наблюдается не только при мышечной работе, но и при таких видах труда, в которых решающим звеном является напряжение сенсорно-церебрального аппарата.

Ультрафиолетовое излучение позволяет направленно влиять на организм человека и изменять в положительную сторону его ответные реакции на меняющиеся условия внешней среды. Оно действует через нейро-гуморальные пути, оказывая влияние на сложный нервно-рецепторный аппарат кожи, эндокринно-вегетативную систему и в конечном итоге на центральную нервную систему. Вместе с тем происходит образование и всасывание физиологически активных веществ типа гистамина, витамина D, а также продуктов расщепления белков, что способствует стимуляции функционального состояния клеток и тканей.

Ультрафиолетовое облучение в субэритемных и малых эритемных дозах задерживает развитие в легких склеротической реакции на кварцевую пыль; оно оказывает также общеукрепляющее действие.

Еще в 30-х годах появились высказывания о целесообразности облучения подземных рабочих горнорудных предприятий, лишенных в некоторые периоды года естественной солнечной радиации, ультрафиолетовыми лучами от искусственных источников. В 1938 г. на одной из шахт Рурского угольного бассейна был устроен для этих целей фотарий. У облучавшихся, по сравнению с необлучавшимися, было отмечено снижение заболеваемости бронхитом, гриппом, ревматизмом.

В Советском Союзе первые фотарии для массового профилактического ультрафиолетового облучения промышленных рабочих были построены в составе административно-бытовых комбинатов угольных шахт в Донбассе. Эффективность профилактического ультрафиолетового облучения подтверждена многочисленными исследованиями и наблюдениями.

Ультрафиолетовое облучение подземных рабочих угольных и горнорудных шахт особенно показано в осенне-зимний



период и раннейвесной, когда организм почти полностью лишен естественного ультрафиолетового облучения.

Установлена эффективность обогащения светового потока ультрафиолетовым компонентом. Такой вид ультрафиолетового облучения с успехом применяется на Крайнем Севере в лечебных учреждениях и наряду с фотариями может быть использован на предприятиях, размещенных в зданиях без естественного освещения.

## **2. Реакции организма на воздействие инфракрасного излучения. Биологическое действие. Нормирование по СН 4088-86**

**Инфракрасное излучение (ИК)** представляет собой электромагнитное излучение с длинами волн:

область: А 760-1500 нм

В 1500-3000 нм

С более 3000 нм

Источники: открытое пламя, расплавленный и нагретый металл, стекло, нагретые поверхности оборудования, источники искусственного освещения и др.

### **Биологическое действие ИК излучения**

ИК излучение играет важную роль в теплообмене. Эффект теплового воздействия на организм зависит: от плотности потока, длительности облучения, зоны воздействия, длины волны, которая определяет глубину проникновения излучения в тело человека.

Справедлив постулат для оптического диапазона - чем меньше длина волны, тем больше проникающая способность.

Следовательно, наибольшей проникающей способностью обладает излучение в области А, которое проникает через кожные покровы и поглощается кровью и подкожной жировой клетчаткой. Излучение областей В и С большей частью поглощается в эпидермисе.

При длительном нахождении человека в зоне ИК излучения происходит резкое нарушение теплового баланса тела; повышается температура, усиливается потоотделение соответ-

ственно с потерей нужных организму солей.

При длительном воздействии ИК излучения на глаза может развиваться катаракта.

### **Нормирование ИК излучения**

Нормируемой характеристикой является плотность потока энергии  $E$ , Вт/м<sup>2</sup>, ПДУ для закрытых источников не более 100 Вт/м<sup>2</sup>, для открытых - не более 140 Вт/м<sup>2</sup>.

### **Способы защиты**

Теплоизоляция горячих поверхностей; охлаждение теплоизлучающих поверхностей; удаление рабочих (защита расстоянием); автоматизация/механизация производственных процессов; дистанционное управление; применение аэрации, воздушного душирования; экранирование источника излучения; применение кабин и ограждений; ср-ва индивидуальной защиты (спецодежда из хлопчатобумажной ткани с огнестойкой пропиткой, спецобувь, очки со светофильтрами из желто-зеленого или синего стекла, перчатки, рукавицы, защитные маски).

При плотности потока 2800 Вт/м<sup>2</sup> или выше выполнение работ без ср-в индивидуальной защиты не допускается.

Контроль ИК излучения

Осуществляется оптиметрами, ИК спектрометрами (ИКС-10, 12, 14) а также спектрорадиометрами СРМ.

## **3. Реакции организма на воздействие ионизирующего излучения биологическое действие.**

### **Принципы гигиенического нормирования ионизирующих излучений по НРБ-99**

В настоящее время известно около 50 естественных и свыше 900 искусственных радиоактивных изотопов. Радиоактивные вещества стали широко применяться во многих отраслях народного хозяйства и в науке. Быстро развивается добыча и обработка радиоактивных минералов, действуют и строятся атомные электростанции. Искусственные радиоактивные вещества широко применяются в технике для изучения структуры и износа металла, для разработки методов промышленного разде-

ления различных веществ, для синтеза и модификации химических соединений, для исследования каталитических процессов, в многочисленных контрольно-сигнальных устройствах, аппаратуре, построенной на принципе использования радиоактивных излучений, и для многих других целей.

В биологии и медицине широко применяются радиоактивные изотопы для изучения развития растений, строения молекул, обмена веществ в организме, для диагностики и лечения злокачественных опухолей и др.

Таким образом, число работающих в условиях возможного воздействия ионизирующего излучения достаточно велико и в дальнейшем, очевидно, будет увеличиваться.

**Радиация** - это энергия, заключенная в электромагнитных волнах и частицах. Типы, частоты и биологический эффект электромагнитной радиации суммированы в таблице. Приблизительно 80% излучений исходит от природных источников, включая космическое излучение, ультрафиолетовый свет и природные радионуклиды, особенно газ радон. Остальные 20% возникают из различных произведенных человеком источников: источников радио- и микроволнового излучения, атомных электростанций и др. Несмотря на то, что патологическое действие высоких доз облучения достоверно доказано, эффект низких доз иногда оказывается прямо противоположным.

#### **Дозы ионизирующего излучения**

Доза ионизирующего излучения измеряется в следующих единицах- рентген: доза ионизирующего излучения, при действии которого в 1 куб. см воздуха образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу;

- рад: доза излучения, при воздействии которой 1 грамм ткани поглощает 100 Эрг;

- грей (Гр): доза излучения, при воздействии которой 1 кг ткани поглощает 1 Дж энергии;

- бэр: доза излучения, которая производит биологический эффект, равный действию 1 рад рентгеновского или гамма-излучения.

- зиверт (Зв): доза излучения, которая производит биологический эффект, равный действию 1 Гр рентгеновского или гамма-излучения; 1 Зв равен 100 бэр.

## **Клеточные механизмы поражения излучениями**

**Острый эффект поражения** может варьировать от выраженного некроза при больших дозах ( $>10$  Гр), гибели пролиферирующих клеток при средних дозах (от 1 до 2 Гр) до отсутствия гистопатологического эффекта при дозах менее 0,5 Гр. При таких низких дозах происходит повреждение внутриклеточных структур, особенно ДНК; однако, в большинстве клеток активизируются адаптационные и репаративные механизмы ответа на низкие дозы радиации. В выживших клетках могут наблюдаться отсроченные (поздние) эффекты ионизирующего излучения: мутации, хромосомные абберации, генетическая нестабильность. Эти генетически поврежденные клетки могут стать основой возникновения злокачественных опухолей; наиболее сильно поражаются быстро растущие ткани. Большинство опухолей индуцируются ионизирующим излучением мощностью более 0,5 Гр. Острая гибель клеток, особенно эндотелиальных, может привести к отсроченному нарушению функции органов через несколько месяцев и даже лет после воздействия излучения. В общем, это отсроченное повреждение возникает в результате нескольких патологических процессов: атрофии паренхиматозных органов, ишемии в результате поражения сосудов и фиброза. Острые и отсроченные эффекты ионизирующего излучения представлены в таблице 2 и описаны ниже.

**Острые эффекты.** Ионизирующее излучение может причинить различные типы повреждение ДНК: образование перекрестных связей в белках ДНК, перекрестных связей между цепями ДНК, оксидацию и разрушение оснований, разрушение углеводно-фосфатных цепей, разрыв одной и двух цепей ДНК. Эти повреждения могут возникать как в результате непосредственного действия элементарных частиц или коротковолнового излучения, так и в результате действия свободных радикалов и растворимых веществ, образующихся при перекисном окислении липидов.

Таблица 2

Острые повреждения и отсроченные осложнения  
при воздействии ионизирующего излучения

Орган	Острое повреждение	Отсроченное повреждение
Костный мозг	Атрофия	Гипоплазия, лейкопения
Кожа	Эритема	Атрофия эпидермиса и фиброз дермы; рак
Сердце	-	Интерстициальный фиброз
Легкие	Отек, гибель эпителиальных и эндотелиальных клеток	Интерстициальный и внутриальвеолярный фиброз; рак
ЖКТ	Отек, изъязвление слизистых	Язвы; фиброз; стриктуры; рак
Печень	Веноокклюзивные заболевания	Цирроз; опухоли печени
Почки	Вазодилатация	Атрофия коркового вещества, интерстициальный фиброз
Мочевой пузырь	Эрозии слизистой оболочки	Подслизистый фиброз; рак
Головной мозг	Отек, некроз	Некроз белого вещества, глиоз; опухоли головного мозга
Яичко	Некроз	Тубулярная атрофия
Яичник	Атрезия фолликулов	Фиброз стромы
Щитовидная железа	-	Гипотиреозидизм; рак
Молочная железа	-	Фиброз; рак
Тимус, лимфоузлы	Атрофия	Лимфома

Острые нарушения в генетическом аппарате клеток происходят даже при действии небольших доз (менее 0,5 Гр). К таким повреждениям относятся повышенная экспрессия *c-fos*, *c-jun* и *c-myc* протоонкогенов, индукция цитокинов, таких как фактор некроза опухоли (TNF $\alpha$ ), и активация антиоксидантных защитных ферментов, например, супероксид дисмутазы. Свободные радикалы, образующиеся непосредственно или опосредовано под действием ионизирующего излучения, могут приводят к развитию "окислительного стресса", что приводит к активации транскрипции некоторых веществ, которые усиливают синтез различных белков. Повреждение ДНК само по себе вызывает усиленный синтез белков, участвующих в репарации ДНК, остановке деления клетки и апоптозе. Как известно, ген супрессии опухолей p53 активируется при различных видах повреждения ДНК: его белковый продукт переходит в активированную форму в результате посттрансляционной трансформации. Под его воздействием останавливается клеточный цикл, активируется репарация ДНК, а при невозможности восстано-

ления целостности ДНК запускается механизм апоптоза.

**Фиброз.** Важным поздним осложнением при воздействии ионизирующего излучения, обычно в дозах, применяемых для радиотерапии опухолей, является замещение нормальной паренхиматозной ткани фиброзной, что приводит к рубцеванию органа и нарушению его функции. Эти фиброзные изменения могут развиваться как в результате острого некроза клеток в органах с неполной регенерацией, так и в результате ишемического повреждения из-за поражения кровеносных сосудов. К тому же в молочной железе и легких при облучении выделяются повреждающие цитокины и факторы роста, способствующие склерозированию, которые сохраняются в течение нескольких недель после облучения.

**Канцерогенез.** В результате воздействия ионизирующего излучения повышается риск заболевания различными злокачественными опухолями, особенно раком кожи, лейкемией, остеогенными саркомами и раком легких. Заболевание чаще всего развивается через 10-20 лет после облучения. Так у японцев, выживших после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, наблюдалась повышенная заболеваемость всеми видами лейкемий, кроме хронической лимфоцитарной лейкемии. У детей наблюдалась повышенная заболеваемость раком молочной и щитовидной желез и в меньшей степени - раком органов ЖКТ и мочевого пузыря.

Механизм, ответственный за поздний канцерогенез, изучен еще недостаточно хорошо. Большой латентный период между воздействием излучения и развитием рака некоторые объясняют возникновением так называемой *индуцированной генетической нестабильностью*. Количественный анализ мутировавших генов в облученных клетках показал, что патологические гены могут передаваться в популяции клеток в течение нескольких поколений.

### **Клинические проявления облучения**

**Острое облучение всего тела.** Облучение всего тела потенциально летально; клинические проявления зависят от дозы и описываются как *острый радиационный синдром* или *радиационная болезнь*. При изучении катастроф на атомных станциях и атомной бомбардировки в Японии установлено, что для чело-

века доза рентгеновских или гамма-лучей, при воздействии которых в течение 60 дней погибает 50% облученных, составляет 2,5-4,0 Гр (250-400 Рад). В зависимости от полученной дозы может развиваться 4 синдрома: субклинический или продромальный, гематопозитический, гастроинтестинальный синдромы или синдром поражения центральной нервной системы (табл. 3). Острые симптомы отражают повреждение высокочувствительных и быстропролиферирующих тканей организма, таких как костный мозг и эпителий желудочно-кишечного тракта. Если больной выживает, то некротические и апоптотические клетки замещаются новыми, а при невозможности регенерации - соединительной тканью.

Таблица 3

Клиническая характеристика острого радиационного синдрома

Стадия	Доза (на все тело, рэм)	Симптомы	Прогноз
Субклиническая	<200	Легкая тошнота и рвота. Лимфоциты <1500/мм <sup>3</sup> .	100% выживаемость
Гематопозитическая	200-600	Тошнота и рвота. Петехии и геморрагии. Резкое снижение нейтрофилов и тромбоцитов в течение 2 недель. Лимфоциты <1000/мм <sup>3</sup> .	Частое развитие инфекционных осложнений. Необходима трансплантация костного мозга
Гастроинтестинальная	600-1000	Тошнота, рвота, диарея. Кровотечения и инфекции в течение 1-3 недель. Тяжелая нейтро- и тромбоцитопения. Лимфоциты <500/мм <sup>3</sup> .	Шок и смерть в течение 10-14 дней
Поражения ЦНС	>1000	Неукротимая рвота и диарея. Оглушенность, сонливость, судороги. Кома от 15 мин до 3 часов. Отсутствие лимфоцитов	Смерть в течение 14-36 часов

**Лучевая терапия.** Внешнее облучение используется для радиотерапии злокачественных опухолей в дозах от 40 до 70 Гр (4000-7000 Рад), при этом производят защиту окружающих тканей. Даже при проведении местного облучения, особенно легких и живота, может развиваться острая радиационная болезнь. Под

воздействие облучения опухолевая ткань может резко сжаться, что приводит к возникновению болей и/или компрессии окружающих тканей. В результате лучевой терапии у больных может развиваться бесплодие, вторичные злокачественные опухоли поздние осложнения.

**Нарушения роста и развития.** Эмбрион и детский организм весьма чувствительны к ионизирующему излучению. Наибольшая чувствительность наблюдается в следующих 4 фазах развития: **1. Имплантация эмбриона.** При облучении организма матери перед имплантацией эмбрион погибает.

**2. Критические фазы эмбриогенеза.** При облучении организма матери, даже с диагностической целью, с момента имплантации до 9 недели беременности наблюдается большое количество различных нарушений развития, которые в большинстве случаев оказываются летальными. В этот период наблюдается наибольшая восприимчивость не только к облучению, но и другим тератогенным факторам.

**3. Фетальный период.** С 9 недели до конца беременности воздействие ионизирующей радиации приводит к нарушению развития ЦНС и репродуктивных органов. Это проявляется отставанием в нервно-психическом развитии детей. Также повышается риск заболевания в детском возрасте лейкомиями и опухолями нервной ткани.

**4. Постнатальный период.** При облучении в детском возрасте наблюдается нарушение роста и дифференцировки костной ткани. Также может нарушаться развития нервной системы, глаз и зубов.

**Врожденные мутации.** На мухах *Drosophila* и мышах было доказано, что мутации, возникающие под действием ионизирующего излучения, могут передаваться по наследству. Несмотря на то, что хромосомные абберации в клетках крови находят и у людей, выживших после атомной бомбардировки, и работников атомных электростанций, у их потомков таких изменений не находят. Генетики считают, что некоторые рецессивные мутации все таки могут передаваться потомкам и накапливаться в человеческой популяции. Однако четкой зависимости количеством мутаций в герминативных клетках человека и полученной дозой не обнаружено.



**Отсроченные проявления облучения.** Через несколько месяцев или лет могут возникать поздние осложнения (канцерогенез был рассмотрен выше). В результате таких осложнений может нарушаться нормальная функция жизненно важных органов: легких, сердца, почек, ЦНС. Также может развиваться бесплодие как у мужчин, так и у женщин. Может нарушаться зрение из-за развития катаракты, также иногда наблюдается кишечная непроходимость в результате разрастания соединительной ткани в кишечнике. Фиброзные стриктуры и хронические язвы могут наблюдаться на коже, в желудочно-кишечном тракте, мочевом пузыре, влагалище. Хронические нарушения в мелких сосудах и избыточное образование соединительной ткани могут осложнять различные хирургические вмешательства. Часто нарушается заживление ран, в них развивается инфекционные процесс. Наиболее часто повреждаются:

**Кровеносные сосуды.** После первоначальной воспалительной реакции, сопровождаемой некрозом эндотелиальных клеток, в кровеносных сосудах в облученной области развивается эндотелиальный фиброз, фиброз мышечной оболочки, разрушение внутренней эластической мембраны, значительное сужение просвета сосуда. Капилляры могут тромбироваться, облитерироваться или, наоборот, расширяться (эктазия капилляров). В органах, которые кровоснабжаются через пораженные сосуды, наблюдается ишемические повреждения, атрофия и фиброз.

**Кожа.** Волосяные фолликулы и эпидермис наиболее чувствительны к воздействию ионизирующей радиации. Часто наблюдается десквамация эпидермиса, очаги ее замещаются атрофичным эпидермисом с гиперкератозом, гипер- или гипопигментацией. Сосуды могут истончаться и расширяться, они часто окружены плотными пучками коллагеновых волокон. Наблюдается нарушение заживления ран, повышенная чувствительность к инфекциям и язвообразование. Эти изменения называются **контактным дерматитом**. Как уже было сказано, рак кожи, особенно базальноклеточный и плоскоклеточный, может развиваться через 20 и более лет после облучения.

**Сердце.** Сердце и перикард часто повреждаются в результате проведения радиотерапии в области грудной клетки при лимфомах, раке легких и молочной железы. Фиброз перикарда

приводит к развитию констриктивного перикардита. Реже в результате повреждения коронарных артерий развивается ишемия миокарда и, как следствие, кардиосклероз.

**Легкие.** Легкие легко повреждаются ионизирующим излучением. Часто развивается острая легочная недостаточность, в более поздние сроки - радиационный пневмонит. В них развивается как внутриальвеолярный, так и интерстициальный фиброз. Риск возникновения рака легкого намного выше у курильщиков, так как наблюдается синергичное действие этих двух факторов в канцерогенезе. В сигаретном дыме, кроме канцерогенных веществ, обнаруживается два радионуклида:  $Pb210$  и  $Po210$ . Иногда в шахтах обнаруживают  $Ra222$ . У этих шахтеров часто наблюдается мутация (гуанин - тимидин) в кодоне 249 в гене-супрессоре опухолей p53.

**Почки и мочевой пузырь.** Почки имеют среднюю восприимчивость к радиационному повреждению. Постепенно в них развивается перитубулярный некроз, повреждение сосудов, гиалинизация клубочков, что в итоге приводит к гипертензии и атрофии почек. В мочевом пузыре может наблюдаться острый некроз эпителия, затем развивается подслизистый фиброз, контрактуры, кровотечения и язвообразование.

**Желудочно-кишечный тракт.** В результате воздействия ионизирующего излучения могут развиваться эзофагит, энтерит, колит, проктит. Они сочетаются с эксфолиацией эпителия, повышенной восприимчивости к инфекциям, нарушением всасывания электролитов и жидкости. В результате повреждения сосудов возникает ишемия, язвообразование и атрофия слизистой. В результате фиброза могут развиваться стриктуры, приводящие к непроходимости кишечника.

**Молочная железа.** Даже диагностические лучевые исследования грудной клетки могут приводить к увеличению риска развития рака молочной железы. Радиотерапия рака молочной железы приводит к развитию выраженной фиброзной реакции с высоким полиморфизмом эпителиальных клеток.

**Яичники и яички.** Сперматогенные клетки очень чувствительны к облучению; даже небольшие дозы могут приводить к нарушению мейоза и бесплодию. В результате склероз кровеносных сосудов наблюдается фиброз семенных канальцев,

при этом клетки Сертоли и интерстициальные клетки Лейдига не повреждаются. Фолликулы в яичнике быстро разрушаются.

**Глаза и нервная система.** Хрусталик неустойчив к действию ионизирующего излучения, в нем часто развивается катаракта. Нередко повреждаются сосуды сетчатки и цилиарного тела. В головном мозге могут развиваться очаги некроза и демиелинизации нервных волокон. В результате облучения спинного мозга в нем возникает склероз кровеносных сосудов, что ведет к некрозу клеток, демиелинизации волокон и, как следствие, параличи. Этот процесс назван *поперечным миелитом*.

### **Биологическое действие ионизирующего излучения**

Как уже отмечалось, основной особенностью действия ионизирующего излучения является ионизация атомов и молекул. Выше описан также механизм этого процесса при различных видах излучения. Считают, что ионизация атомов и молекул живой материи является первичным начальным этапом биологического действия излучения.

Особое значение при облучении живого организма имеет ионизация молекул воды, которая составляет 75% объема всех органов и тканей человека. В результате ионизации молекул воды в известных условиях образуются радикалы, которые могут вступать в реакцию с веществами, способными как окисляться, так и восстанавливаться. Из них наибольшее значение имеют атомарный водород (H), гидроксил (OH), гидроксид (HO<sub>2</sub>), перекись водорода (H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>).

Свободные радикалы вступают в реакцию с активными структурами ферментных систем — сульфгидрильными группами (SH), превращая их в неактивные дисульфидные группы (S = S). В результате нарушается каталитическая активность очень важных тиоловых ферментных систем, участие которых абсолютно необходимо в синтезе нуклеопротеидов и нуклеиновых кислот — важнейших элементов в жизнедеятельности организма.

Под влиянием облучения количество дезоксирибонуклеиновой кислоты и дезоксирибонуклеопротеидов в ядрах клеток значительно снижается, замедляется скорость их обновления.

Так как свободные радикалы живут чрезвычайно короткий срок (доли секунды), то естественно возникает вопрос, каким образом они обеспечивают указанные длительные процессы.

Для объяснения этого выдвинута теория возникновения цепных самоускоряющихся реакций, которые вызываются свободными радикалами.

Роль свободных радикалов в биологическом действии ионизирующих излучений косвенно подтверждается опытами, показывающими, что в условиях резкого снижения возможности образования радикалов вследствие уменьшения парциального давления кислорода (гипоксия) резистентность организма к действию ионизирующего излучения повышается.

*Реакция организма на ионизирующее излучение зависит от многих факторов:* дозы облучения, вида излучения, длительности воздействия, размеров облучаемой поверхности, индивидуальной реактивности организма.

Поступление в организм радиоактивных веществ в виде газов, паров, аэрозолей через дыхательные пути, заглатывание радиоактивных частиц, растворов и радиоактивных веществ, попадание с загрязненных рук и проникновение через поврежденную и неповрежденную кожу приводят к внутреннему облучению организма.

Интенсивность поражения при этом зависит от количества радиоактивного вещества, способа поглощения, химических и физических свойств (растворимости, дисперсности аэрозолей), периода полураспада и полувыведения, степени накопления в отдельных органах и других условий.

При попадании внутрь организма наиболее опасны  $\alpha$ -излучатели, обладающие большой ионизирующей способностью; значительную опасность представляют также и  $\beta$ -излучатели, характеризующиеся хотя и меньшей, но все же значительной ионизирующей способностью.

Распределение в организме и выведение из него радиоактивных веществ зависят от их физико-химических свойств и функционального состояния организма.

Некоторые вещества накапливаются в определенных органах, например йод ( $I^{131}$ )—в щитовидной железе, радий ( $Ra228$ ), стронций ( $Sr89$ ,  $Sr90$ )—в костях, натрий ( $Na24$ ) и цезий ( $Cs137$ ) распределяются в организме более или менее равномерно. Под влиянием различных причин с течением времени может происходить перераспределение радиоактивных веществ в тканях.

Накопление радиоактивных веществ в отдельных органах и тканях при длительном действии обуславливает развитие в них патологических изменений, например злокачественных новообразований.

Из организма радиоактивные вещества выделяются через желудочно-кишечный тракт, почки, а газообразные изотопы (радон, торон и др.) — через дыхательные пути. Некоторые вещества могут выделяться слизистой оболочкой рта, кожей, молочными железами. Значительная часть радиоактивных изотопов выделяется в основном в первые дни после поступления в организм, однако многие элементы (стронций, торий, радий и др.) выделяются медленно и надолго задерживаются в нем.

Важной характеристикой поведения радиоактивных веществ в организме является скорость снижения их активности. Для ее оценки используется понятие «*эффективный период*» — время, в течение которого активность содержащегося в организме изотопа, уменьшается вдвое. Оно зависит от периода полураспада изотопа и периода его полувыведения из организма, т. е. времени, в течение которого из организма удаляется половина находящегося в нем радиоактивного вещества. Для короткоживущих радиоактивных элементов эффективный период фактически определяется процессами распада и выведения, для долгоживущих — в основном выведением.

Нарушения состояния здоровья вследствие воздействия ионизирующего излучения возможны при невыполнении правил охраны труда во время работы с радиоактивными веществами.

В зависимости от степени поражения патологический процесс, вызванный ионизирующим излучением, может проявиться в острой или хронической форме лучевой болезни.

**Острая форма лучевой болезни** может возникнуть при кратковременном однократном облучении, например при аварии, **хроническая лучевая болезнь** — при многократном длительном облучении в дозах, превышающих предельно допустимые.

**Важной гигиенической задачей** в свете сказанного является предотвращение загрязнения воздуха радиоактивными аэрозолями и применение мер защиты от них органов дыхания.

Радиоактивные газы могут загрязнять атмосферу помещений в следующих случаях:

- при образовании радиоактивных эманации из радия, мезотория и актиния, сопровождающемся эманацией радона, торона, актинона;

- при расщеплении урана в реакторах, сопровождающемся выделением газообменных радиоактивных продуктов: ксенона, криптона, аргона, йода;

- в результате активации азота, кислорода и других газов при работе ускорительных установок и реакторов.

Повышенное содержание этих газов может быть обнаружено в воздухе производственных помещений и лабораторий при использовании тория и радия, в лечебных учреждениях при использовании радона, при добыче, хранении и переработке урановых и ториевых руд.

Весьма неблагоприятными в гигиеническом отношении являются операции, во время которых возможно выделение радиоактивных газов: вскрытие ампул с радием и мезоторием, открывание сосудов, в которых длительное время сохранялись радиоактивные растворы.

Радиоактивные эманации по своей химической природе относятся к инертным газам. Период полураспада радона — 3,82 дня, торона — 54,5 секунды, актинона — 3,92 секунды. Они растворяются в крови и тканевых жидкостях, не вступая в химические реакции. Практически эманация распределяется в организме равномерно, вызывая облучение тканей  $\alpha$ -частицами, возникающими при распаде самих газов, а также  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицами дочерних продуктов, возникающих из эманации в организме.

Из радиоактивных газов в гигиеническом отношении имеют значение изотопы с относительно большим периодом полураспада: Kt85 — 9,4 года, Хе 132 — 5,2 дня, Хе 135 — 9,13 часа. Период полураспада остальных изотопов и ксенона измеряется минутами и секундами. Изотопы криптона с атомным весом 89 и 90 при распаде превращаются в Sr89 и Sr90. При распаде изотопов ксенона образуются радиоактивные изотопы цезия.

Криптон, ксенон и аргон — в химическом отношении инертные газы и в организме ведут себя так же, как и радиоактивные эманации. Эти газы опасны как источники внешнего облучения. I<sup>131</sup> —  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучатель, как биоэлемент накапливается

в щитовидной железе.

Во всех случаях, когда вследствие технологических процессов и при отдельных операциях образуются радиоактивные газы, следует особое внимание обратить на герметичность оборудования и рациональное устройство вентиляции.

Как фактор облучения организма  $\gamma$ -излучение может наблюдаться во многих случаях. Испускают  $\gamma$ -лучи многие искусственные изотопы и некоторые естественные элементы при перестройке ядер в более стабильное состояние, причем энергия  $\gamma$ -лучей в этом случае колеблется в пределах 0,2—5 Мэв. При ядерных реакциях можно получить  $\gamma$ -лучи с энергией 10—20 Мэв.

С опасностью  $\gamma$ -облучения приходится встречаться при работе с  $\gamma$ -излучающими изотопами, при транспортировке радиоактивных веществ, при гамма-дефектоскопии и в медицинской практике.

Большинству естественных и искусственных радиоактивных элементов присуще  $\beta$ -излучение. Источниками  $\beta$ -частиц являются широко применяемые для различных целей  $\beta$ -излучающие изотопы, а также загрязненные ими окружающие предметы — оборудование, помещение, одежда. Возможно облучение  $\beta$ -частицами работающих на атомных электростанциях, экспериментальных реакторах и ускорителях элементарных частиц за счет наведенной активности оборудования.

$\beta$ -Излучающие изотопы с энергией частиц менее 0,2 Мэв не представляют практической опасности как источники внешнего облучения. Для защиты от облучения  $\beta$ -частицами больших энергий целесообразно увеличение расстояния между работающим и источником излучения или применение экранов из органического стекла, пластмассы и других подобных материалов.

Наибольшую опасность  $\beta$ -излучатели представляют при внутреннем облучении вследствие попадания в организм радиоактивных паров, газов, аэрозолей, что возможно при использовании  $\beta$ -активных веществ в открытом виде и при отсутствии защитных мер.

*Нейтронное излучение* возникает при работе ускорителей заряженных частиц и реакторов, образующих мощные потоки быстрых и тепловых нейтронов. Нейтронное излучение радий-бериллиевых и полоний-бериллиевых закрытых источников при-

меняется в геологических исследованиях, биологии, медицине.

Мощные потоки нейтронов могут вызвать активацию оборудования, строительных конструкций помещения, отдельных деталей, воздуха, вследствие чего возникают вторичные источники  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения.

**Дополнительные источники и формы радиационного воздействия.** Важными дополнительными источниками радиационного воздействия являются загрязненные радиоактивными веществами кожные покровы работающих, спецодежда, оборудование, строительные конструкции помещений.

Загрязнение кожных покровов и одежды возможно при ручных операциях с радиоактивными веществами, а также при контакте работающих с оборудованием, загрязненным радиоактивными веществами. Внутрь организма радиоактивные вещества могут поступать с загрязненных рук через рот. Кроме того, многие радиоактивные элементы, например стронций, радий, плутоний, торий, фосфор и др., способны проникать в организм через неповрежденную кожу. Загрязнение кожных покровов и одежды является источником облучения кожи  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицами.

Загрязнение радиоактивными веществами оборудования и рабочих помещений возможно при рассыпании радиоактивных порошков, разливании радиоактивных растворов, переносе радиоактивных веществ загрязненными руками, одеждой, обувью.

Различные материалы сорбируют радиоактивные вещества, которые в дальнейшем могут служить источником образования радиоактивных аэрозолей, газов, потоков  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -излучения.

## **Нормирование**

«Нормами радиационной безопасности НРБ-69» установлены предельно допустимые дозы внешнего и внутреннего облучения и так называемые пределы дозы.

Предельно допустимая доза (ПДД)—годовой уровень облучения персонала, не вызывающий при равномерном накоплении дозы в течение 50 лет обнаруживаемых современными методами неблагоприятных изменений в состоянии здоровья самого облучаемого и его потомства. **Предел дозы**—допустимый



среднегодовой уровень облучения отдельных лиц из населения, контролируемый по усредненным дозам внешнего излучения, радиоактивным выбросам и радиоактивной загрязненности внешней среды.

Установлены три категории облучаемых лиц:

1. **категория А** — персонал (лица, которые непосредственно работают с источниками ионизирующих излучений или по роду своей работы могут подвергаться облучению),

2. **категория Б** — отдельные лица из населения (контингент населения, проживающего на территории наблюдаемой зоны),

3. **категория В** — население в целом (при оценке генетически значимой дозы облучения).

Среди персонала выделены две группы:

а) лица, условия труда которых таковы, что дозы облучения могут превышать 0,3 годовых ПДД (работа в контролируемой зоне);

б) лица, условия труда которых таковы, что дозы облучения не должны превышать 0,3 годовых ПДД (работа вне контролируемой зоны).

При установлении ПДД в пределах дозы внешнего и внутреннего облучения в НРБ-69 учитываются четыре группы критических органов. **Критическим органом** считается тот, облучение которого является наибольшим; степень опасности облучения зависит также от радиочувствительности облучаемых тканей и органов.

В зависимости от категории облучаемых лиц и группы критических органов установлены предельно допустимые дозы и пределы доз.

**Предельно допустимые дозы** не включают естественный радиационный фон, создаваемый космическим излучением и излучениями горных пород при отсутствии посторонних искусственных источников ионизирующей радиации.

**Мощность дозы**, которая создается естественным фоном, на поверхности земли колеблется в пределах 0,003—0,025 мр/час (иногда и выше). При расчетах естественный фон принимается равным 0,01 мр/час.

Предельная суммарная доза для профессионального облучения рассчитывается по формуле:

$$D \leq 5 (N - 18)$$

где  $D$  — суммарная доза в бэр;  $N$  — возраст человека в годах; 18 — возраст в годах начала профессионального облучения. К 30 годам суммарная доза не должна быть больше 60 бэр.

В исключительных случаях разрешается облучение, приводящее к превышению годовой предельно допустимой дозы в 2 раза в каждом конкретном случае или в 5 раз на протяжении всего периода работы. В случае аварии каждое внешнее облучение дозой 10 бэр должно быть так скомпенсировано, чтобы в последующем периоде, не превышающем 5 лет, накопленная доза не превысила величину, определяемую по указанной выше формуле. Каждое внешнее облучение дозой до 25 бэр должно быть так скомпенсировано, чтобы в последующем периоде, не превышающем 10 лет, накопленная доза не превысила величину, определенную по той же формуле.

Для отдельных видов излучения санитарными правилами на основе предельно допустимых доз установлены предельно допустимые мощности дозы или интенсивности излучения.

В зависимости от предельно допустимых доз и пределов доз внутреннего облучения установлены **предельно допустимые уровни** содержания радиоактивных изотопов в организме лиц категории А и Б и на основании этих величин — годовое предельно допустимое поступление (**ПДП**) в организм радиоактивных веществ (для персонала) и предел годового поступления (**ПГП**) для отдельных лиц из населения.

Исходя из величин ПДП и ПГП, рассчитаны среднегодовые допустимые концентрации (**СДК**) радиоактивных веществ для воздуха рабочих помещений, атмосферного воздуха и воды. При этом было принято, что объем легочной вентиляции для лиц категории А (в период выполнения работы) составляет  $2,5 \cdot 10^6$  л/год, для лиц категории Б —  $7,3 \cdot 10^6$  л/год, потребляемое взрослым человеком количество воды — 800 л/год. СДК различных радиоактивных веществ отличаются в отдельных случаях в  $10^4$  раз, что обусловлено неравнозначной их радиотоксичностью, которая зависит от вида и энергии излучения, времени пребывания изотопа в организме и др.

В «Нормах радиационной безопасности» представлены СДК более чем для 200 радиоактивных изотопов, а также указаны предельно допустимые уровни активности изотопов на рабочем месте, не требующие регистрации или получения разрешения санитарно-эпидемиологической службы.

Кроме того, установлены предельно допустимые уровни загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, одежды и рук в условиях профессиональной работы.

Для контроля уровня радиоактивных излучений применяются различные дозиметрические приборы.

### **Способы защиты персонала**

**Общие положения.** Санитарные правила (ОСП-72) детально регламентируют правила работы с радиоактивными веществами и меры защиты от переоблучения.

Исходя из целей конкретного применения радиоактивных веществ, работы с ними' можно разделить на две категории.

К *первой категории* относятся работы, при которых применяются радиоактивные вещества в закрытом виде — герметичные источники, т. е. в запаянных ампулах.

В этом случае возможно только внешнее облучение, например  $\gamma$ -лучами или нейтронами. Загрязнение воздуха, помещения, оборудования, одежды может быть лишь в аварийных случаях, например при поломке ампулы. Следовательно, в случае применения герметичных радиоактивных  $\gamma$ -источников необходима лишь защита от  $\gamma$ -излучения (прямого и рассеянного), при работе на рентгеновских установках — от рентгеновых лучей (прямого и рассеянного пучка).

При работе с открытыми радиоактивными веществами может происходить внешнее облучение  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучами, а также загрязнение воздуха, оборудования, одежды и др. радиоактивными газами, аэрозолями, парами и растворами. При этом создаются условия для попадания радиоактивных веществ внутрь организма и его внутреннего облучения. Следовательно, применение открытых радиоактивных веществ требует более сложных мер защиты как от внешнего, так и от внутреннего облучения. Особенно опасны в случае внутреннего облучения, как уже указывалось,  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучатели.

При активности источника  $\gamma$ -излучения менее 0,1 мг-экв

радия и источников  $\beta$ -излучения менее 0,1 мк специальных мер защиты от внешнего облучения не требуется. Для того чтобы защититься от  $\beta$ -излучения, достаточно применять экран или щиток из плексигласа или алюминия, максимально 7 мм (для алюминия).

Для снижения дозы внешнего облучения  $\gamma$ -лучами, рентгеновыми лучами и нейтронами требуются специальные меры защиты, выражающиеся в соблюдении максимально возможного расстояния до источника излучения, сокращении длительности работы, устанавливаемой в зависимости от мощности источника и расстояния до него, применении защиты из таких материалов, как свинец, железо, бетон, вода и др. Чаще всего используется весь комплекс этих мероприятий.

Меры защиты от внутреннего облучения при работе с открытыми радиоактивными веществами сводятся к устройству и планировке помещения, в котором производятся работы с радиоактивными веществами, специальным требованиям к оборудованию, устройству вентиляции, отопления, водоснабжения и канализации, к организации и режиму работы, личной гигиене и др.

Все эти требования направлены на то, чтобы не допустить или свести к минимуму загрязнение воздуха радиоактивными газами, парами и аэрозолями, а также предотвратить распространение загрязнения оборудования, аппаратуры, помещения, спецодежды и рук. Конкретная форма всех этих мероприятий устанавливается в зависимости от производственных и трудовых процессов.

К общим мероприятиям принципиального характера относится также обязательное проведение предварительных медицинских осмотров лиц при приеме на работу и периодических медицинских осмотров один раз в 6 или 12 месяцев, в зависимости от степени потенциальной опасности производства с целью выявления воздействия радиоактивных веществ на организм работающих.

Медицинские противопоказания при приеме на работу детально регламентированы министерством здравоохранения СССР № 400, 30 мая 1969, перечень 52.

а) Работа с радиоактивными веществами в закрытом виде. Типичным случаем работы с радиоактивными веществами в за-

крытом виде является гамма-дефектоскопия и промышленная радиография. В настоящее время оба этих метода широко применяются в машиностроительной промышленности для исследования металлических изделий с целью выявления дефектов металла: степени износа, наличия коррозии, раковин, контроля за качеством электросварочных швов, образованием накипи в котлах и др.

В качестве источников для гамма-дефектоскопии применяется ряд искусственных радиоактивных изотопов: кобальт ( $Co60$ ), селен ( $Se75$ ), цезий ( $Ce137$ ), тулий ( $Tl170$ ), иридий ( $Ir192$ ) и др., но наибольшее распространение получил  $Co60$  с периодом полураспада 5,3 года. Радиоактивный препарат  $Co60$  цилиндрической формы помещается в ампулу, которая заключена в металлическую оболочку, предназначенную для предупреждения механического повреждения источника. Существует два способа дефектоскопии: **ионизационный и фотографический**.

**Ионизационный метод** отличается положительными санитарно-гигиеническими особенностями: на просвечивание затрачивается незначительное время и, главное, регистрирующие приборы можно удалить на безопасное расстояние от  $\gamma$ -источника.

**Фотографический метод** гамма-дефектоскопии заключается в просвечивании  $\gamma$ -лучами металла с получением на фотографической пленке снимка, который отображает внутреннюю микроструктуру металла. В настоящее время фотографический метод наиболее распространен вследствие своей наглядности.

В зависимости от характера изделий расположение  $\gamma$ -источника и кассеты с пленкой может быть различным, но обычно кассета размещается в местах, где мощность дозы  $\gamma$ -излучения значительно выше предельно допустимой. Возможен контроль одновременно нескольких изделий открытым препаратом; в этом случае возникает наибольшая опасность облучения.

Применяются *переносные и стационарные*  $\gamma$ -источники. При работе с первыми создаются более неблагоприятные условия, так как работающему приходится транспортировать радиоактивный источник к месту операций, производить крепление на соответствующих устройствах, т. е. находиться вблизи от источника облучения. В случае применения стационарных  $\gamma$ -

источников радиоактивный препарат находится в надежно обеспечивающем защиту контейнере и рабочие операции производятся дистанционно.

Процесс гамма-дефектоскопии после соответствующей подготовки изделия включает ряд операций: изъятие ампулы из хранилища и транспортировка к месту просвечивания, просвечивание изделия, снятие ампулы и транспортировка к месту хранения, снятие кассеты, проявление и фиксирование пленок, оценка результатов.

В случае применения переносных  $\gamma$ -источников рабочие могут подвергаться интенсивному облучению и при ряде вспомогательных операций (например, если контроль наличия активного препарата в контейнере производится фотопленкой, а не  $\gamma$ -дозиметром). Значительное облучение возможно при ремонте контейнера или его перезарядке. Особенно опасны операции перезарядки контейнера без защиты, с незащищенной ампулой. Даже при наличии манипуляторов доза облучения может оказаться значительной.

При оценке условий труда необходимо учитывать облучение не только прямым пучком  $\gamma$ -лучей, но и за счет рассеянного  $\gamma$ -излучения. причем наиболее опасным является излучение, идущее от предмета, на который падает пучок  $\gamma$ -лучей под углом  $90^\circ$  или близким к нему. Способы защиты от рассеянного облучения те же, что и при прямом облучении.

Надежной защиты от переоблучения  $\gamma$ -лучами можно добиться при помощи автоматизации процессов, дистанционного управления и применения правильно рассчитанной защиты контейнеров, в которых находятся  $\gamma$ -источники.

В настоящее время имеется ряд конструкций и приспособлений для работы с радиоактивными препаратами различной активности.

Для источников с небольшой активностью (100—150 мкэкв Ra) применяются переносные контейнеры весом 10—30 кг.

Имеется ряд более совершенных контейнеров, в частности контейнер КС-6, который используется для просвечивания источниками Со60 активностью до 0,25 г-экв Ra и  $^{137}\text{Cs}$  до 2—3 г-экв Ra. Контейнер имеет электрическое дистанционное управление с сигнальными лампочками, указывающими положение

радиоактивного препарата. Вес контейнера 13 кг. Безопасное расстояние при указанной активности источника излучения и 6-часовой работе равно 1,5 м.

Еще более совершенными установками являются установки ГУП-Со-0,5-1, ГУП-Со-50. Этими установками пользуются в лабораториях и цеховых условиях.

Первая из них рассчитана на работу с препаратом Со60 с активностью 0,5—1 г-экв Ra, вторая — до 50 г-экв Ra. В этой установке имеются два контейнера: один рабочий — для просвечивания и второй для хранения. Препарат из контейнера для хранения переводится в рабочий контейнер специальным приспособлением — препаратоводом — дистанционно на расстоянии 3 м.

При нормальной работе на этой установке облучение может быть минимальное. ГУП-Со-50 смонтирован на тележке и может перемещаться по цеху вручную или при помощи электрокара. Перемещение препарата из контейнера для хранения в рабочий контейнер осуществляется при помощи электромеханического устройства дистанционно, с расстояния 15 м и более. При нормальной работе установка обеспечивает надежную защиту. При работе с переносным контейнером, когда приходится производить ряд кратковременных операций с ампулированным препаратом без защиты, применяются специальные приспособления, например щипцы и ручные манипуляторы механические, электромагнитные и пневматические.

С гигиенической точки зрения имеет большое значение правильное размещение установок и планировка помещений, в которых они находятся. Имеется в виду создание безопасных условий как для работающих по гамма-дефектоскопии, так и для окружающих рабочих. Если просвечивание производится в цехе или на заводском дворе, следует установить безопасную зону и строго следить за тем, чтобы рабочие, не принимающие участия в операции, не нарушали эту границу.

Если же гамма-дефектоскопия производится на постоянном месте и изделия доставляются для просвечивания, необходимо правильно выбрать подходящее помещение и осуществить его правильную планировку. Целесообразнее устраивать для этой цели специальное одноэтажное здание или в крайнем слу-

чае все работы по просвечиванию сосредоточить в угловой части крыла общего здания.

Необходимо предусмотреть санитарные зоны разрыва от жилых и других зданий. Величина зоны устанавливается по допустимой мощности излучения и подлежит согласованию с санитарно-эпидемиологической станцией. Часть территории, прилегающей непосредственно к зданию, в котором производится просвечивание, должна быть ограждена так, чтобы люди не могли находиться вблизи здания. Толщину стен, а также потолка, если помещение находится на первом этаже, следует рассчитывать по излучению при незащищенной ампуле, что может иметь место при перемещении ее в рабочий контейнер.

Для предупреждения облучения необходимо предусмотреть правильное хранение и транспортировку у-источников. Установки типа ГУЛ и подобные им в специальном хранилище не нуждаются, так как имеют контейнер достаточной толщины. Для переносных контейнеров требуются специальные помещения для хранения в отдельных одноэтажных зданиях или подвалах. Стены этих помещений должны иметь необходимую для защиты толщину.

Для обеспечения безопасности при всех операциях по гамма-дефектоскопии и всех подсобных работах должен быть организован тщательный дозиметрический контроль, включающий измерение индивидуальных доз облучения лиц, непосредственно занятых работой с источниками, периодический контроль мощности доз у-излучения в рабочих и смежных помещениях, а также на прилегающих участках территории.

б) Работа с радиоактивными веществами в открытом виде. Для лабораторий и учреждений, предназначенных для работы с использованием радиоактивных веществ и других источников ионизирующего излучения устанавливаются санитарно-защитные зоны. Ширина санитарно-защитной зоны определяется в соответствии с ОСП-72.

Комплекс требований, предъявляемых к устройству помещений лабораторий, зависит от класса радиационной опасности, который устанавливается в соответствии с активностью препаратов на рабочем месте и их радиотоксичностью .

Работы III класса могут проводиться в общих помещениях



типа химической лаборатории. Работы II класса должны осуществляться в изолированных, специально оборудованных помещениях.

## **Лекция № 10. Основы промышленной токсикологии**

Вопросы.

1. Общие сведения о токсичности веществ.
2. Классификация ядов: общая - по физическим и химическим свойствам, их практического использования, по степени токсичности, по избирательной токсичности.
3. Классификация ядов: специальные – по типу развивающейся гипоксического последствия; патохимическая, биологическая и другие.
4. Классификация отравлений: этиопатическая, клиническая, нозологическая. Синдромы токсического поражения внутренних органов и систем.

### **1. Общие сведения о токсичности веществ**

В настоящее время человечеству известно около 10 миллионов химических соединений. Из них более 60 тысяч широко используются в быту, медицине, на производстве и в сельском хозяйстве. Это количество веществ из года в год продолжает увеличиваться (по некоторым данным примерно на 1000 наименований ежегодно). И большая их часть при определенных обстоятельствах может причинить серьезный вред здоровью.

Любой предмет уясняется через определение. Общепринятого определения токсикологии в настоящее время не существует. Самым простым является, непосредственно вытекающим из названия науки: toxicon - яд, logos - наука. Токсикология - наука о ядах. Многие авторы, по сути, повторяют именно это определение, уточняя и оттеняя важные, как им кажется, характеристики предмета. К числу таковых, несомненно, относятся реакции биологических объектов (организма) на действие химического вещества, механизмы их развития и т.д.

Так, в "Энциклопедическом словаре медицинских терми-

нов" (1982) "Токсикология - область медицины, изучающая физические, химические свойства ядов (вредных и отравляющих веществ), механизмы их действия на организм человека и разрабатывающая методы диагностики, лечения и профилактики отравлений".

В качестве примеров можно привести и другие определения:

"Токсикология - наука, изучающая ядовитые вещества и их влияние на растительный и животный организм" (Баженов С.В., 1964).

"Токсикология - это область медицины, изучающая законы взаимодействия живого организма и яда" (Лужников Е.А., 1994).

"Токсикология - наука, изучающая закономерности развития и течения патологического процесса (отравления), вызванного воздействием на организм человека или животного ядовитых веществ" (Голиков С.Н., 1972).

В основе цитированных понятий лежит представление о токсикологии, как о науке, изучающей (так или иначе) особую группу веществ, именуемую ядами, ядовитыми, вредными, отравляющими веществами и т.д.

Подобное обстоятельство ставит под сомнение саму возможность выделить из всей совокупности химических веществ окружающего мира, естественных и синтезированных человеком, некую группу, обозначаемую как "яд". В наиболее категоричной форме эта мысль выражена еще в XIX веке известным французским судебным медиком Тардьё: "Ядов в научном смысле слова нет".

Накопленные человечеством знания давно привели к осознанию того факта, что практически любое химическое вещество, в зависимости от действующего количества, может быть безразличным, полезным, вредным для организма (т.е. выступать в качестве яда).

Однако все сказанное выше призвано подчеркнуть важнейшее обстоятельство - химические вещества, обладают неким свойством, в силу которого их контакт с биологическими системами может иметь пагубные последствия для последних. Это свойство - токсичность.

**Токсичность** - основное понятие современной токсиколо-

гии. В общей форме можно определить токсичность, как свойство (способность) химических веществ, действуя на биологические системы немеханическим путем, вызывать их повреждение или гибель, или, применительно к организму человека, - способность вызывать нарушение работоспособности, заболевание или гибель.

Вещества существенно различаются по токсичности. Чем в меньшем количестве вещество способно вызывать повреждение организма, тем оно токсичнее. Теоретически не существует веществ, лишенных токсичности. При тех или иных условиях, обнаружится биологический объект, реагирующий повреждением, нарушением функций, гибелью на действие вещества в определенных дозах. Токсичность веществ, полностью инертных в отношении биологических объектов, может быть количественно обозначена, как стремящаяся (но не равная) к нулю.

Действие веществ, приводящее к нарушению функций биологических систем, называется *токсическим действием*. В основе токсического действия лежит взаимодействие вещества с биологическим объектом на молекулярном уровне. Химизм взаимодействия токсиканта и биологического объекта на молекулярном уровне называется *механизмом токсического действия*.

Следствием токсического действия веществ на биологические системы является развитие токсического процесса. Механизмы формирования и развития токсического процесса, его качественные и количественные характеристики, прежде всего, определяются строением вещества и его действующей дозой.

### **Формы проявления токсического процесса на разных уровнях организации жизни**

Внешние, регистрируемые признаки токсического процесса называются его проявлениями. В ряде приведенных выше определений токсикологии просматривается представление, согласно которому единственной формой проявления токсического процесса является интоксикация (отравление). Интоксикация действительно основная и наиболее изученная, однако далеко не единственная форма.

Проявления токсического процесса определяются уровнем организации биологического объекта, на котором токсичность

вещества изучается:

- клеточном;
- органном;
- организменном;
- популяционном.

Если токсический эффект изучают на уровне клетки (как правило в опытах *in vitro*), то судят прежде всего о цитотоксичности вещества. Цитотоксичность выявляется при непосредственном действии соединения на структурные элементы клетки.

На практике к изучению цитотоксичности прибегают:

- при использовании культур клеток для оценки токсичности новых веществ в опытах *in vitro*;
- при исследовании механизмов токсического действия веществ;
- при проведении процедуры биотестирования (выявления токсикантов) объектов окружающей среды и т.д.

Токсический процесс на клеточном уровне проявляется:

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

Если в процессе изучения токсических свойств веществ исследуют их повреждающее действие на отдельные органы и системы, выносят суждение об органной токсичности соединений: нейротоксичности, гепатотоксичности, гематотоксичности, нефротоксичности и т.д.

Органотоксичность оценивают и исследуют:

- в процессе изучения свойств (биологической активности, вредного действия) новых химических веществ;
- в процессе диагностики заболеваний, вызванных химическими веществами.

Токсический процесс со стороны органа или системы проявляется:

- функциональными реакциями (спазм гортани, кратковременное падение артериального давления, учащение дыхания, усиление диуреза, лейкоцитоз и т.д.);
- заболеваниями органа;

- неопластическими процессами.

Токсический процесс на уровне целостного организма проявляется:

- болезнями химической этиологии (интоксикации, отравления);

-транзиторными токсическими реакциями - быстро и самопроизвольно проходящими состояниями, сопровождающимися кратковременной утратой дееспособности (явление раздражение глаз, дыхательных путей; седативно-гипнотические состояния; психодислептические состояния и т.д.);

- аллобиозом - стойкими изменениями реактивности организма на воздействие физических, химических, биологических факторов окружающей среды, а также психические и физические нагрузки (аллергия, иммуносупрессия, повышенная утомляемость и т.д.);

- специальными токсическими процессами - развивающимися лишь у части популяции, как правило, в особых условиях (действие дополнительных веществ; в определенный период жизнедеятельности организма и т.д.) и характеризующимися продолжительным скрытым периодом (канцерогенез, эмбриотоксичность, нарушение репродуктивных функций и т.д.).

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

Экотоксический процесс на уровне популяции проявляется:

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

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

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

Глубокое понимание множественности форм проявлений токсического процесса современным врачом, экологом, специалистом в области управления совершенно необходимо для:

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

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

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

### **Основные характеристики токсического процесса, выявляемого на уровне целостного организма**

Токсические процессы, выявляемые на уровне организма, можно отнести к одной из следующих групп:

#### *А. Процессы, формирующиеся по пороговому принципу.*

Причинно-следственная связь между фактом действия вещества и развитием процесса носит безусловный характер: при действии веществ в дозах ниже определенных уровней токсический процесс не развивается; при достижении определенной дозы процесс развивается непременно. Зависимость "доза-эффект" прослеживается на уровне каждого отдельного организма, при этом, чем больше доза, тем значительнее проявления токсического процесса. К этой группе относятся: интоксикации, транзиторные токсические реакции, некоторые аллобиотические состояния.

#### *Б. Процессы, развивающиеся по беспороговому принципу.*

Причинно-следственные связи между фактом действия вещества и развитием процесса носят вероятностный характер: вероятность формирования эффекта сохраняется при действии на организм даже одной молекулы токсиканта, вместе с тем у отдельных организмов процесс может и не развиваться не смотря на значительное увеличение дозы вещества (близкие смертельным). Дозовая зависимость выраженности повреждающего действия, как правило, прослеживается на уровне популяции - чем больше доза, тем у большей части особей испытываемой (исследуемой) группы регистрируется эффект. К таким токсическим процессам относятся: некоторые аллобиотические состояния, специальные токсические процессы (канцерогенез, тератогенез, отчасти нарушение репродуктивных функций и т.д).

### **Классификация ядов**

Количество химических соединений, используемых в

настоящее время, настолько велико, а характер их биологического действия настолько разнообразен, что приходится применять несколько видов классификаций. Они делятся на две группы:

- общие, основанные на каком-либо общем принципе оценки, подходящем для всех без исключения химических веществ;
- специальные, отражающие связь между отдельными физико-химическими или другими признаками веществ и проявлениями их токсичности (табл. 1).

Таблица 1

### Принципы классификации ядов

Общие	Специальные
<ul style="list-style-type: none"> <li>- По химическим свойствам (химическая)</li> <li>- По цели применения (практическая)</li> <li>- По степени токсичности (гигиеническая)</li> <li>- По виду токсического действия (токсикологическая)</li> <li>- По избирательной токсичности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- По типу развивающейся гипоксии (патофизиологическая)</li> <li>- По механизму взаимодействия с ферментными системами (патохимическая)</li> <li>- По характеру биологических последствий отравлений (биологическая)</li> <li>- По степени канцерогенной активности и др.</li> </ul>

Наиболее широко используется химическая классификация, предусматривающая деление всех химических веществ на **органические, неорганические** и **элементарорганические**. Исходя из принятой химической номенклатуры, определяют класс и группу этих веществ.

## **2. Классификация ядов: общая - по физическим и химическим свойствам, их практического использования, по степени токсичности, по избирательной токсичности**

### **Классификация по физическим признакам:**

Пожалуй, простейшей классификацией отравляющих (ОВ) является их деление по агрегатному состоянию (при нормальных условиях) на твердые, жидкие и газообразные. Большая часть современных ОВ находится в жидком или твердом состоянии и применяется в таком виде, причем в соответствии с их

физическими свойствами и техникой применения они эффективны в виде газов или аэрозолей. При 20 град. С ряд ОВ имеет следующие агрегатные состояния:

- газообразное – фосген, окись углерода, мышьяковистый и фосфористый водород;

- жидкое – синильная кислота, иприт, азотистый иприт, хлорпикрин, зарин, зоман;

- твердое – адасит, хлорацетофенон, диэтиламин лизергиновой кислоты (LSD), 2,4-дихлорфенксиуксусная кислота, фторацетат натрия (последние два вещества, как правило, к ОВ не относят).

По способу заражения воздуха целесообразно различать газообразные ОВ и ОВ в форме видимых или невидимых аэрозолей, а по их давлению пара и по стойкости – летучие и стойкие ОВ.

### **Классификация по химическим признакам:**

Непрерывной предпосылкой для чисто химических исследований ОВ является их классификация по классам органических соединений, т.е. в соответствии с их строением. Как и всякая классификация, такое деление на практике имеет для исследователя и преимущества, и недостатки.

Для оценки физических и химических свойств ОВ, относящихся к соответствующему классу, чисто химическая классификация удобна. Ряд характерных для веществ этого класса превращений используют в качестве аналитических реакций и для дегазации. Используя сведения из органической химии, можно делать определенные заключения о химической стойкости ОВ, вследствие чего работа с такими соединениями облегчается.

Номенклатура, применяемая для обозначения ОВ, должна быть аналогична номенклатуре, которая принята для органических соединений данного класса, что дает возможность исключить ошибки при идентификации ОВ. По тому же принципу можно производить отнесение еще неизвестных ОВ, вследствие чего существенно облегчается оценка их свойств.

Поскольку в пределах узких химических групп соединений существуют определенные соотношения между строением и токсичностью, можно, зная эти соотношения, сделать вывод о токсичности относящихся к этой группе соединений и, сопо-



ставляя их с физическими и химическими свойствами, заключить – следует или не следует искать среди них отравляющие вещества. Разумеется, отнесение ОВ или яда к определенной группе органических соединений не позволяет уверенно говорить о фармакологических закономерностях. Для этого необходима классификация, учитывающая биохимические процессы. В настоящее время еще недостаточно изучены биохимические процессы, протекающие при отравлениях. Кроме того, классификация такого рода выходила бы за рамки химии ОВ.

Многие реакции идентификации и дегазации ОВ основаны на свойствах заместителей, имеющих в молекуле ОВ. Поэтому они не характерны или лишь частично характерны для таких групп ОВ. Однако это не снижает значения классификации ОВ по химическим признакам для аналитиков, разведчиков, дегазаторов и др.

ОВ встречаются среди разных классов органических соединений. Ими могут быть алифатические углеводороды, спирты, кетоны, амины, арсины, сложные эфиры, производные карбоновых кислот, тиоэфиры, оксимы, алкалоиды, карбо- и гетероциклические соединения, фосфорорганические, металлоорганические и другие соединения.

### **Классификация вредных химических веществ в зависимости от их практического использования**

Химические вещества в зависимости от их практического использования классифицируются на:

1.- *промышленные яды* - используемые в производстве органические растворители (например, пропан, бутан), красители (например, анилин) и др.;

2.- *ядохимикаты* - используемые в сельском хозяйстве пестициды и др.;

3.- *лекарственные средства*;

4.- *бытовые химикаты* - применение в виде пищевых добавок (например, уксус), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.д.;

5.- *биологические растительные и животные яды*, которые содержатся в растениях, грибах, у животных и насекомых;

6.- *отравляющие вещества (ОВ)* - зарин, иприт, фосген и др.

## Классификация вредных химических веществ по степени токсичности

По *степени токсичности* вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

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

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от *норм* и *показателей*, указанных в таблице.

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб.м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб.м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности - 2.

### Классификация ядов по избирательной токсичности (тропизму):

**1. Желудочно-кишечные:** гастроэнтеротоксическое действие- токсический гастроэнтерит (крепкие кислоты, соли тяжелых металлов, сапонины).

**2. Печеночные яды:** гепатотоксическое действие- токсическая дистрофия печени. Хлорированные углеводороды (дихлорэтан и т.д.), фенолы и альдегиды, ядовитые грибы (бледная

поганка).

**3. Почечные яды:** нефротоксическое действие – токсическая нефропатия (мышьяк, эфирные масла, щавелевая кислота, этиленгликоль).

**4. Сердечные яды:** кардиотоксическое действие-нарушение ритма и проводимости сердца, токсическая дистрофия миокарда (сердечные гликозиды, антидепрессанты, аконит, чемерица, заманиха, тетродотоксин, соли бария, калия).

**5. Кровяные яды:** гематотоксическое действие. Вызывают гемолиз эритроцитов- сапонингликозиды, токсальбумины; метгемоглобинемию- анилин и его производные, нитриты.

**6. Ангиотропные-** поражают сосуды (мышьяк, алкалоиды).

**7. Нервные яды:** нейротоксическое действие-возбуждение или угнетение, токсическая кома, гиперкинезы и параличи. Психофармакологические средства (наркотические анальгетики, транквилизаторы, снотворные средства); фосфорорганические соединения; угарный газ; производные изониазида (тубазид, фтивазид); спирты.

**8. Дерматотропные:** вызывают фотопериодические реакции (спорынья, гречиха, просо, зверобой, клевер).

**9. Энзиматические-** блокируют ферментные системы. Фосфорорганические соединения- ацетилхолинэстеразу; ртуть, мышьяк, кадмий - тиоловые ферменты. Существуют и другие классификации пестицидов:

Таблица 4

Классификация ядов по «избирательной токсичности»  
(по Е.А. Лужникову)

Характер избирательной токсичности	Характерные представители токсических веществ
“Сердечные яды” Кардиотоксическое действие-нарушение ритма и проводимости сердца, токсическая дистрофия миокарда	Сердечные гликозиды (дигиталис, дигоксин, лантозид и пр.); трициклические антидепрессанты (имипрамин, амитриптилин); растительные яды (аконит, чемерица, заманиха, хинин и пр.); животные яды (тетродотоксин); соли бария, калия
“Нервные яды” Нейротоксическое действие-нарушение психической	Психофармакологические средства (наркотики, транквилизаторы, снотворные); фосфороргани-

активности, токсическая кома, токсические гиперкинезы и параличи	ческие соединения; угарный газ; производные изониазида (тубазид, фтивазид); алкоголь и его суррогаты
“Печеночные яды” Гепатоксическое действие – токсическая гепатопатия	Хлорированные углеводороды (Дихлор-этан и пр.); ядовитые грибы (бледная поганка); фенолы и альдегиды
“Почечные яды” Нейротоксическое действие – токсическая нефропатия	Соединения тяжелых металлов; этиленгликоль; щавелевая кислота
“Кровяные яды” Гематоксическое действие – гемолиз, метгемоглобинемия	Анилин и его производные; нитриты; мышьяковистый водород
“Желудочно-кишечные яды” Гастроэнтеротоксическое действие – токсический гастроэнтерит	Крепкие кислоты и щелочи; соединения тяжелых металлов и мышьяка

## **2. Классификация ядов: специальные – по типу развивающейся гипоксического последствия; патохимическая, биологическая и другие**

### **Классификация по типу развивающейся гипоксии**

**Гипоксия** – (hypoxia; греч. hypо приставка, указывающая на снижение, уменьшение, и лат. oxy[genium] кислород, син.: кислородная недостаточность, кислородное голодание) состояние, возникающее при недостаточном снабжении тканей организма кислородом или нарушение его усвоения в процессе биологического окисления. Существует несколько классификаций гипоксии. Наиболее действующая классификация выделяет следующие виды гипоксии.

#### **1. Гипоксическая гипоксия**, которая развивается

- а) в результате пониженного парциального давления кислорода в воздухе,
- б) при затруднении проникновения кислорода в кровь через дыхательные пути,
- в) вследствие расстройства дыхания.

#### **2. Гемическая гипоксия**, которая может быть

- а) анемического типа

б) в результате инактивации гемоглобина.

**3. Циркуляторная гипоксия**, которая может быть представлена:

- а) застойной формой и
- б) ишемической формой.

**4. Тканевая гипоксия.**

Также получила распространение классификация И.Р. Петрова (1949), в основе которой лежат причины и механизмы гипоксии.

1. Гипоксия вследствие понижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе (экзогенная гипоксия).

2. Гипоксия при патологических процессах:

- 1) дыхательная (легочная),
- 2) сердечно-сосудистая (циркуляторная),
- 3) кровяная (гемическая),
- 4) тканевая (гистотоксическая) и
- 5) смешанная.

Кроме того, различают общие и местные гипоксические состояния.

*По темпу развития гипоксии различают*

- молниеносную форму, развивающуюся в течение нескольких десятков секунд,
- острую форму – несколько минут или десятков минут,
- подострую форму – несколько часов или десятков часов,
- хроническую форму – неделями, месяцами и даже годами. Точных временных интервалов для каждой формы авторы не выделяют.

**Таблица 2**

**Классификация ядов по типу развивающейся гипоксии**

Тип гипоксии	Патогенез гипоксических расстройств	Представители токсических веществ
Экзогенная	Снижение парциального давления O <sub>2</sub> во вдыхаемом воздухе	Инертные газы, азот, водород, CO <sub>2</sub>
Дыхательная	Угнетение функции дыхательного центра и дыхательных мышц, обтурационно-аспирационный синдром, бронхоспастический синдром, токсический отек легкого	Наркотические анальгетики, миорелаксанты, ФОС, холинолитики
Циркуляторная	Нарушение микроциркуляции крови, экзотоксический шок	Иприты, фосген, дихлорэтан, соединения мышьяка
Гемическая	Нарушение кислородтранспортной функции крови	Уксусная эссенция, анилин, нитриты, СО, мышьяковистый водород
Тканевая	Нарушение процессов тканевого дыхания	Синильная кислота и ее производные, соединения тяжелых металлов, фторацетат
Смешанная	Комбинация указанных выше способов	Дихлорэтан, ФОС, уксусная эссенция, психофармакологические средства

### Патохимическая классификация ядов

Клиническая картина химической болезни обусловлена, как правило, воздействием яда на определенные внутриклеточные ферментные системы и рецепторы токсичности, поэтому большой научный и клинический интерес представляет патохимическая классификация ядов.

**Таблица 3**

**Патохимическая классификация ядов  
(по А.А. Покровскому, 1962)**

Механизм действия ядов на ферменты	Характерные представители
Структурные аналоги фермента (субстрата), взаимодействующие с ним по типу «конкурентного торможения»	ФОС и другие антихолинэстеразные соединения, малонат, циклосерин
Аналоги медиаторов	Ингибиторы моноаминоксидазы (ипразид)

Аналоги коферментов	Антивитамины: РР (гидразид изоникотиновой кислоты), В <sub>6</sub> (дезоксипиридоксин) и др.
Аналоги аминокислот	Пенициллин, левомецетин
Предшественники структурных аналогов, из которых образуются ингибиторы ферментов	Высшие спирты (этиленгликоль), метиловый спирт
Соединения, блокирующие функциональные группы белка или кофермента	Цианиды, сероводород, окись углерода, метгемоглибинообразователи
Соединения, разобщающие сочетанную деятельность ферментов	Динитрофенол, грамицидин, фториды
Соединения, денатурирующие белок	Концентрированные кислоты, щелочи, органические растворители
Биологические яды, содержащие ферменты, разрушающие белковые структуры	Полиферментные яды змей и насекомых, бактериальные токсины

### **Классификация вредных веществ по характеру воздействия на человека**

По характеру воздействия на организм человека химические вещества подразделяются согласно ГОСТ 12.0.003-74 вещества подразделяются на:

**Общетоксические химические вещества** (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода), которые вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушают структуру ферментов, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином.

**Раздражающие вещества** (хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота и др.) воздействуют на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути.

**Сенсибилизирующие вещества** (органические азокрасители, диметиламиноазобензол и другие антибиотики) повышают чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводят к аллергическим заболеваниям

**Канцерогенные вещества** (бенз(а)пирен, асбест, нитроазосоединения, ароматические амины и др.) вызывают развитие всех раковых заболеваний. Этот процесс может быть отдален от момента воздействия вещества на годы и даже десятилетия.

**Мутагенные вещества** (этиленамин, окись этилена, хло-

рированные углеводороды, соединения свинца и ртути и др.) оказывают воздействие на неполовые (соматические) клетки, входящие в состав всех органов и тканей человека, а также на половые клетки (гаметы). Воздействие мутагенных веществ на соматические клетки вызывают изменения в генотипе человека, контактирующего с этими веществами. Они обнаруживаются в отдаленном периоде жизни и проявляются в преждевременном старении, повышении общей заболеваемости, злокачественных новообразований. При воздействии на половые клетки мутагенное влияние сказывается на последующее поколение, иногда в очень отдаленные сроки.

Химические вещества, влияющие на **репродуктивную функцию** человека (борная кислота, аммиак, многие химические вещества в больших количествах), вызывают возникновение врожденных пороков развития и отклонений от нормальной структуры у потомства, влияют на развитие плода в матке, послеродовое развитие и здоровье потомства.

Три последних вида вредных веществ (мутагенные, канцерогенные, и влияющие на репродуктивную способность) характеризуются отдаленными последствиями их влияния на организм. Их действие проявляется не в период воздействия и не сразу после его окончания. А в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия.

### **Пути поступления ядов в организм**

Нерациональное применение химических веществ, синтетических материалов неблагоприятно влияет на здоровье работающих.

Вредное вещество (промышленный яд), попадая в организм человека во время его профессиональной деятельности, вызывает патологические изменения.

Основными источниками загрязнения воздуха производственных помещений вредными веществами могут являться сырье, компоненты и готовая продукция. Заболевания, возникающие при воздействии этих веществ, называют профессиональными *отравлениями (интоксикациями)*.

Токсические вещества поступают в организм человека через дыхательные пути (ингаляционное проникновение), желу-



дочно-кишечный тракт и кожу. Степень отравления зависит от их агрегатного состояния (газообразные и парообразные вещества, жидкие и твердые аэрозоли) и от характера технологического процесса (нагрев вещества, измельчение и др.).

Преобладающее большинство профессиональных отравлений связано с ингаляционным проникновением в организм вредных веществ, являющимся наиболее опасным, так как большая всасывающая поверхность легочных альвеол, усиленно омываемых кровью, обуславливает очень быстрое и почти беспрепятственное проникновение ядов к важнейшим жизненным центрам.

Поступление токсических веществ через желудочно-кишечный тракт в производственных условиях наблюдается довольно редко. Это бывает из-за нарушения правил личной гигиены, частичного заглатывания паров и пыли, проникающих через дыхательные пути, и несоблюдения правил техники безопасности при работе в химических лабораториях. Следует отметить, что в этом случае яд попадает через систему воротной вены в печень, где превращается в менее токсические соединения.

Вещества, хорошо растворимые в жирах и липоидах, могут проникать в кровь через неповрежденную кожу. Сильное отравление вызывают вещества, обладающие повышенной токсичностью, малой летучестью, быстрой растворимостью в крови. К таким веществам можно отнести, например, нитро- и аминоподпродукты ароматических углеводородов, тетраэтилсвинец, метиловый спирт и др.

Токсические вещества в организме распределяются неодинаково, причем некоторые из них способны к накоплению в определенных тканях. Здесь особо можно выделить электролиты, многие из которых весьма быстро исчезают из крови и концентрируются в отдельных органах. Свинец накапливается в основном в костях, марганец — в печени, ртуть — в почках и толстой кишке. Естественно, что особенность распределения ядов может в какой-то мере отражаться и на их дальнейшей судьбе в организме.

Вступая в круг сложных и многообразных жизненных процессов, токсические вещества подвергаются разнообразным превращениям в ходе реакций окисления, восстановления и гид-

ролитического расщепления. Общая направленность этих превращений характеризуется наиболее часто образованием менее ядовитых соединений, хотя в отдельных случаях могут получаться и более токсические продукты (например, формальдегид при окислении метилового спирта).

Выделение токсических веществ из организма нередко происходит тем же путем, что и поступление. Нереагирующие пары и газы частично или полностью удаляются через легкие. Значительное количество ядов и продукты их превращения выделяются через почки. Определенную роль для выделения ядов из организма играют кожные покровы, причем этот процесс в основном совершают сальные и потовые железы.

Необходимо иметь в виду, что выделение некоторых токсических веществ возможно в составе женского молока (свинец, ртуть, алкоголь). Это создает опасность отравления грудных детей. Поэтому беременных женщин и кормящих матерей следует временно отстранять от производственных операций, выделяющих токсические вещества.

Токсическое действие отдельных вредных веществ может проявляться в виде вторичных поражений, например, колиты при мышьяковых и ртутных отравлениях, стоматиты при отравлениях свинцом и ртутью и т. д.

Опасность вредных веществ для человека во многом определяется их химической структурой и физико-химическими свойствами.

#### **4. Классификация отравлений: этиопатическая, клиническая, нозологическая.**

#### **Синдромы токсического поражения внутренних органов и систем**

**Отравления** определяются как заболевания химической этиологии, возникающие вследствие токсического воздействия химических соединений окружающей среды на организм человека. Яд — это вещество, которое будучи введено в организм извне в минимальных дозах, вызывает расстройство здоровья или смерть. Этиология отравлений определяется специфическим воздействием конкретного токсического вещества (Е.А. Лужни-

ков, Л.Г. Костомарова, 1989).

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

**Классификация отравлений** имеет в своей основе три ведущих принципа: этиопатогенетический, клинический и нозологический.

### **1. Этиопатогенетический**

1) По причине развития: **случайные** (поедание токсичного корма, собственно ядов, аварии на химических производствах) и **преднамеренные** (с целью вызвать смерть или беспомощное состояние).

2) По условиям или месту развития: **ятрогенные** (передозировка лекарственных веществ).

3) По пути поступления яда: **пероральные, парентеральные** и т.д.

4) По происхождению яда: **биологического, небιологического** и т.д.

### **2. Клинический**

1) По особенностям клинического течения (**молниеносные, острые** и др.);

2) По тяжести заболевания (**легкие, тяжелые**);

3) По наличию осложнений (**с осложнениями или без**);

4) По исходу заболеваний (**не смертельные и смертельные**).

### **3. Нозологический**

По названиям отдельных ядов, их групп или классов (отравление ФОП и т.д.).

**Этиопатогенетическая классификация отравлений** выделяет отравления случайные, преднамеренные, а по условиям развития — производственные, бытовые. Пути поступления ядов в организм подразделяются на пероральные, ингаляционные, перкутанные (накожные), инъекционные, полостные (при попадании яда в различные полости организма: прямая кишка, влагалище и т. д.).

**Отравления**, вызванные поступлением яда из окружающей среды, носят название **экзогенных**, в отличие от **эндогенных** интоксикаций токсическими метаболитами, которые могут образовываться и накапливаться в организме при различных заболеваниях, чаще всего связанных с нарушением функции выделительных органов (прежде всего печени, почек).

**Клиническая классификация отравлений** предусматривает учет особенностей их клинического течения и выделяет острые, подострые и хронические отравления

**острые**, характеризующиеся быстрым развитием клинических симптомов после однократного принятия токсического вещества, доза которого превышает допустимую;

**подострые**, возникающие в том случае, если клинические симптомы ярко выражены, но их проявления не настолько бурные и стремительные, как при острых отравлениях; наступают после однократного или многократного употребления дозы токсического вещества;

**хронические**, наступающие в результате продолжительного действия токсического вещества, употребляемого в малых дозах, часто при отсутствии ярко выраженных симптомов. Комплекс симптомов хронического отравления появляется только по прошествии определенного времени, вследствие накопления яда в организме. К хроническим относятся, прежде всего, профессиональные отравления, связанные с длительным воздействием того или иного токсического вещества.

**Нозологическая классификация отравлений** основана на названиях отдельных химических препаратов (например, отравление метиловым спиртом, угарным газом и пр.) или группы веществ (например, отравления барбитуратами, кислотами и др.).

В клинической токсикологии принято выделять нозологические формы отравлений, вызванных веществами различной химической структуры, но имеющих единый патогенез, идентичные клинические проявления и патоморфологическую картину. Используется и название целого класса веществ (отравление ядохимикатами, лекарствами); учитывается и их происхождение (отравление растительными, животными или синтетическими ядами).

## **Синдромы токсического поражения внутренних органов и систем при отравлениях**

**Острые отравления** вызывают возникновение однотипных патологических **синдромов**, выраженность которых проявляется в большей или меньшей степени в зависимости от химического агента и его количества, поступившего в организм (С. Н. Голиков, 1986; Е.А. Лужников, Л.Г. Костомарова, 1989):

1. **Синдромы поражения ЦНС:** интоксикационные психозы, токсическая энцефалопатия, судорожный синдром, токсическая кома.

2. **Синдромы поражения органов дыхания:** нарушение внешнего дыхания (гипоксическая гипоксия), транспортная (гемическая), циркуляторная, гистотоксическая (тканевая) и смешанная гипоксии. Данные виды патологии клинически проявляются синдромами раздражения верхних дыхательных путей, асфиксии, бронхоспазма, отека легких и др.

3. **Синдромы поражения ССС:** ОССН, расстройства ритма и проводимости сердца, гипертонический или гипотонический синдром, экзотоксический шок .

4. **Аллергический синдром.**

5. **Острый гастроэнтерит.**

6. **Синдром поражения кожи, раздражения глаз.**

7. **Болевой синдром.**

8. **Синдром печеночной недостаточности:** токсическая гепатопатия различной степени тяжести, гепатаргия, гепаторенальный синдром.

9. **Синдром почечной недостаточности:** токсическая нефропатия различной степени тяжести, ОПН, нефротический синдром, уремия, гепаторенальный синдром.

## **Лекция № 11. Вредные вещества и их воздействие на человека**

Вопросы

1. Привыкание к ядам как фаза хронической интоксикации.
2. Биологическое действие химических веществ на организм человека. Распределение, превращение и выделение ядов

из организма.

3. Трансформация ядов в организме. Выделение ядов из организма.

4. Характер действия ядов, зависимость от концентрации и дозы. Связь между токсическим действием веществ и их химической структурой и физическими свойствами.

5. Действие ядов в различных производственных условиях. 5. Действие ядов в различных производственных условиях. Сочетанное действие ядов и других вредных производственных факторов.

## **1. Привыкание к ядам как фаза хронической интоксикации**

Под *привыканием* к яду понимают понижение чувствительности к нему в результате систематического поступления яда в организм, например, привыкание к мышьяку, к наркотикам, алкоголю и т.д.

Механизм привыкания к различным ядам, по-видимому, различен. Привыкание к мышьяку отмечено лишь в том случае, если он поступает через желудочно-кишечный тракт, и объясняется ухудшением всасывания мышьяка в желудке и кишечнике. Привыкание к алкоголю обусловлено ускорением его окисления в организме.

В производственных условиях привыкание в ответ на продолжающиеся воздействия ядов является определенной формой хронического отравления, но без выраженной симптоматики. Достигается привыкание значительным напряжением компенсаторных функций организма и их механизмов. При срыве возможен переход в явно выраженную форму хронического отравления. Следовательно, биологически привыкание к ядам должно расцениваться отрицательно.

В производственных условиях наблюдается и повышение чувствительности к повторному воздействию ядов, например сероводорода, нитро- и аминопродуктов бензола и его гомологов.

При действии на организм различных повреждающих факторов в нем возникают двоякого рода изменения. С одной стороны выявляются «поломка», повреждение, с другой – как реакция на повреждение включаются защитно-компенсаторные

механизмы. Группу механизмов, отвечающих за компенсацию, И.П. Павлов обозначил как «физиологическую меру» организма. В 1932г. американский физиолог У. Кеннон сформулировал *принцип гомеостазиса*, суть которого заключается в том, что организм непрерывно поддерживает постоянство внутренней среды и при действии повреждающих факторов, нарушающих это постоянство, включается сложная цепь различных компенсаторно-приспособительных механизмов, направленных на его восстановление. Эти механизмы обычно стереотипны, и включаются при действии различных повреждающих факторов. Следовательно, они по своему характеру неспецифичны. У. Кеннон подчеркнул значение симпатического отдела нервной системы в этих реакциях, а советский физиолог Л.А. Орбели в 1935г. сформулировал положение об адаптационно-трофической роли симпатической нервной системы. Было показано, что при повреждающих воздействиях именно через симпатическую нервную систему активируются высшие отделы ЦНС, идет мобилизация энергетических ресурсов, стимулируется деятельность сердечно-сосудистой системы, усиливается работоспособность мышц, активизируются иммунологические механизмы и др. процессы.

Канадский патолог Г. Селье, изучая компенсаторно-приспособительные механизмы, назвал повреждающие воздействия такие, как болевое раздражение, холод, яды, психические травмы и др. термином «стрессоры» (от англ. Stress – напряжение). При действии на организм они вызывают два вида реакций. Одни реакции – специфические, связанные с качеством действующего фактора, другие – неспецифические, общие при действии различных стрессоров. Эту совокупность характерных, стереотипных общих ответных реакций организма на действие раздражителей самой различной природы Селье обозначил как **«общий адаптационный синдром»**. Такие реакции имеют прежде всего защитный характер и направлены на приспособление организма к новым условиям, на выравнивание тех изменений, которые вызваны действующим фактором.

Общий адаптационный синдром, в своем развитии проходит три стадии. Первая стадия – **«реакция тревоги»** - характеризуется уменьшением размеров тимуса, селезенки, лимфатиче-

ских узлов, что связано с активизацией коры надпочечников и выбросом в кровь глюкокортикоидов.

Во второй стадии – *стадия резистентности* – развивается гипертрофия коры надпочечников с устойчивым повышением образования и секреции кортикостероидов. Они увеличивают количество циркулирующей крови, повышает артериальное давление, дают антигистаминовый эффект, усиливают глюконеогенез. Эти эффекты связаны как непосредственным действием кортикостероидов, так и в значительной степени со способностью активировать эффекты симпатической нервной системы, ее адаптационно-трофическое влияние. В этой стадии обычно повышается устойчивость организма к действию ряда чрезвычайных раздражителей, хотя бывают случаи и повышения чувствительности.

Третья стадия – *стадия истощения* – возникает, если действие стрессора прекращается или оно незначительно по своей силе. Изменения, вызываемые им, постепенно нормализуются. Однако, если влияние патогенного фактора оказывается чрезмерным или длительным, развивается истощение функции коры надпочечников и наступает гибель организма.

Известно, что при перенапряжении той или иной функции, она может стать неадекватной условиям и из физиологической стать патогенетической, т.е. источником дальнейших нарушений. Так, например, перенапряжение процесса возбуждения в коре головного мозга может привести к развитию запредельного торможения, которое само становится причиной различных расстройств.

Г. Селье считает, что хотя этот синдром в целом имеет защитно-приспособительный характер, в ряде случаев ответная реакция организма может оказаться неадекватной условиям, ее вызывающим. Она может оказаться более сильной, чем нужно, ослабленной или извращенной, и тогда эта реакция может стать причиной последующих патологических изменений в организме. Подобные патологические изменения в организме Селье назвал «болезнями адаптации».

Итак, защитно-приспособительные реакции могут быть специфическими и неспецифическими. К первой группе относятся реакции, обеспечивающие невосприимчивость организма



(иммунитет) по отношению к определенному раздражителю. Вторая группа представлена многочисленными реакциями, повышающими общую сопротивляемость организма по отношению к самым различным влияниям внешней среды. Понятие неспецифической сопротивляемости объединяет самые разнообразные защитные механизмы, передающиеся по наследству: иммунобиохимические, эндокринные, нейрогуморальные, нервно-психические и многие др. реакции, направленные на сохранение здоровья или на выздоровление. Интенсивность защитных реакций у человека на протяжении жизни меняется.

Воздействуя на организм человека, промышленные яды могут оказывать неблагоприятное влияние на потомство.

## **2. Биологическое действие химических веществ на организм человека**

Биологическое действие химических веществ на организм человека изменяет его гомеостаз (относительное постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма), т.е. способность организма к авторегуляции при изменении окружающей среды.

Авторегуляцию биологической системы следует рассматривать как регуляцию динамического состояния открытой системы, подверженной биологическому ритму. При этом гомеостаз включает в себя не только динамическое постоянство биологического объекта, но и устойчивость его основных биологических функций. А воздействие вредного вещества может вызывать не только изменение определенных параметров биологического объекта, но и повреждение систем регулирования гомеостаза, т.е. нарушение последнего. Для сохранения гомеостаза в условиях разнообразных химических воздействий в процессе эволюции выработалась специальная система биохимической детоксикации. При относительно малых воздействиях вредных веществ нарушение гомеостаза не происходит.

**Распределение, превращение и выделение ядов из организма.**

По распределению в тканях и прониканию в клетки химических веществ можно разделить на две основные группы: не-

электролиты и электролиты.

**Неэлектролиты**, растворяющиеся в жирах и липоидах, подчиняются закону Овертона и Майера, согласно которому вещество тем скорее и тем в большем количестве проникает в клетку, чем больше его растворимость в жирах, иначе говоря, чем больший коэффициент (К) распределения между жирами и водой:

$$K = \text{растворимость в масле} / \text{растворимость в воде}$$

Это объясняется тем, что оболочка клеток содержит много липоидов. Для данной группы химических веществ барьеров в организме не существует: распределение неэлектролитов в организме при динамическом поступлении их определяется в основном условиями кровоснабжения органов и тканей, например, мозг, содержащий много липоидов и имеющий богатую кровеносную систему, насыщается этиловым эфиром очень быстро, в то время как другие ткани, содержащие много жира, но с плохим кровоснабжением насыщаются эфиром очень медленно. Насыщение анилином мозга происходит очень быстро, в то время как окологпочечный жир, имеющий слабое кровоснабжение, насыщается очень медленно.

Удаление неэлектролитов из тканей также зависит в основном от кровоснабжения: после прекращения поступления яда в организм быстрее всего освобождаются от него органы и ткани, богатые кровеносными сосудами. Из мозга, например, удаление анилина происходит значительно быстрее, чем из окологпочечного жира. В конечном итоге неэлектролиты после прекращения поступления их в организм распределяются во всех тканях равномерно.

Способность **электролитов** проникать в клетку резко ограничена и, как полагают, зависит от заряда ее поверхностного слоя. Если поверхностность клетки заряжена отрицательно, она не пропускает анионов, а при положительном заряде она не пропускает катионов. Распределение электролитов в тканях очень не равномерно. Наибольшее количество свинца, например, накапливается в костях, затем в печени, почках, мышцах, а через 16 дней после прекращения его поступления в организм весь свинец переходит в кости. Фтор накапливается в костях,

зубах и в небольшом количестве в печени и коже. Марганец в основном откладывается в печени и в небольших количествах в костях и сердце, еще меньше – в мозге, почках и др. Ртуть в основном откладывается в выделительных органах – почках и толстом кишечнике.

К особенностям распределения в организме электролитов относятся прежде всего их способность быстро удаляться из крови и, накапливаясь в отдельных органах, образовывать в организме *депо*. Для свинца и фтора депо образуется в костях, для ртути – в выделительных органах, для марганца – в печени.

Некоторые вещества этой группы, например, свинец, не попадают в головной и спинной мозг, т.к. задерживаются гемато-энцефалическим барьером.

### 3. Трансформация ядов в организме

Поступившие в организм яды подвергаются разнообразным превращениям. Почти все органические вещества подвергаются превращениям путем различных химических реакций: окисления, восстановления, образования парных соединений с некоторыми кислотами (гликуроновой, серной, аминокислотами). Не подвергаются превращениям лишь химически инертные вещества, как например, бензин, выделяющийся из организма в неизменном виде.

Бензол окисляется до фенола и др. веществ. Тoluол окисляется в бензойную кислоту и т.д. Некоторые спирты жирного ряда окисляются до углекислоты и воды, за исключением метилового спирта, окисляющегося в ядовитые продукты – формальдегид и муравьиную кислоту.

Неорганические химические вещества также подвергаются в организме изменениям. Характерной особенностью этих веществ является способность откладываться в каком-либо органе, чаще всего в костях, образуя депо. Некоторые неорганические вещества окисляются: нитриты – в нитраты, мышьяковистая кислота – в мышьяковую, сульфиды – в сульфаты. Цианистые соединения превращаются в роданистые.

Результатом превращения ядов в организме большей частью является их обезвреживание. Вновь образующиеся продук-

ты менее токсичны или из-за большей полярности (следовательно, меньшей силы действия, меньшей способности проникать в клетку), или из-за большей растворимости и, следовательно, быстрого выведения из организма почками.

Однако имеется исключение из этого общего правила, когда в результате превращений образуются более токсические вещества. Например, метиловый спирт окисляется до формальдегида и муравьиной кислоты; ацетат гидролизуется и расщепляется на метиловый спирт и уксусную кислоту.

Токсическое действие бензола на кроветворные органы, в частности лейкопоз, связано с продуктами его превращения – фенольными метаболитами (фенол). Поэтому меры профилактики могут осуществляться путем предотвращения процессов окисления бензола, что достигается применением серусодержащих аминокислот – цистеина, цистина, метионина, содержащихся в пищевых продуктах: творог, овсяная мука, рисовые отруби и др., а также витаминов Е и С.

Таким образом, знание процессов превращения ядов в организме позволяет влиять на эти процессы с целью ускорения их обезвреживания.

Нужно полагать, что обезвреживание ядов может происходить в разных органах, но основную роль в этом процессе играет печень. Существенное значение в обезвреживании ядов имеет нервная регуляция.

### **Выделение ядов из организма**

Яды выделяются через легкие, почки, ЖКТ и кожу. Через легкие выделяются летучие вещества, не изменяющиеся или медленно изменяющиеся в организме. Скорость выделения зависят от коэффициента растворимости в крови (***коэффициент распределения***): чем меньше коэффициент распределения, тем быстрее выделяется вещество. Так, например, через легкие быстро выделяются бензин, бензол, хлороформ, этиловый эфир, медленно – спирты, ацетон, сложные эфиры.

Через почки выделяются хорошо растворимые в воде вещества и продукты превращения ядов в организме. Плохо растворимые вещества, например, тяжелые металлы – свинец, ртуть, а также марганец, мышьяк выделяются через почки медленно.

Через ЖКТ выделяются плохо растворимые или нерастворимые вещества: свинец, ртуть, марганец, сурьма и др. Некоторые вещества (свинец, ртуть) выделяются вместе со слюной в полости рта.

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

Вещества, растворимые в жирах, например спирт, хлороформ, бензол и др., выделяются также с грудным молоком.

### **Баланс ядов в организме**

Существенное значение имеет соотношение между поступлением яда в организм и его выделением или превращением. Если выделение яда или превращение происходит медленнее, чем его поступление, то яд способен накапливаться в организме, т.е. *кумуляроваться* и длительно действовать на организм. Типичными в этом отношении ядами являются тяжелые металлы – свинец, ртуть и др., а также фтор. Неэлектролиты, хорошо растворимые в воде и крови, медленно сорбируются в организме и еще медленнее выделяются; они также способны накапливаться. Летучие органические вещества с малым коэффициентом распределения (бензин, бензол и др.) быстро сорбируются в организме и выделяются, не накапливаясь.

### **4. Характер действия ядов, зависимость от концентрации и дозы**

Все промышленные яды оказывают общее действие на организм. При этом для ряда токсических веществ характерно преимущественное действие в точке своего приложения – местное – (кислоты, щелочи, соли некоторых металлов), другие же оказывают резорбтивное действие, не вызывая поражение непосредственно на месте соприкосновения с тканями.

Часть ядов, кроме общего, оказывают избирательное действие по отношению к тем или иным органам и системам. Окись углерода, например, обладает высоким сродством к гемоглобину, образуя с ним соединение, которое связывает кислород крови. Избирательным действием на гемоглобин обладают также

нитро- и аминопроизводные бензола и его гомологов, образуя метгемоглобин.

Многие промышленные яды являются химически аллергенами, способными вызывать аллергические реакции: дерматит, бронхиальную астму, крапивницу, сывороточную болезнь, заболевания крови и т.д.

Аллергенами могут быть разнообразные химические агенты: неорганические соединения (ртуть, кобальт, никель, мышьяк, хром, платина, бериллий); альдегиды – формальдегид и т.д.

Большинство аллергенов могут быть как сенсибилизирующими, так и разрешающими агентами. Так некоторые азокрасители, в т.ч. азобензол, не вызывают сенсибилизацию, но могут быть разрешающими агентами при имеющейся сенсибилизации к др. химическим агентам.

Концентрация и дозы. Практический вопрос представляют концентрации ядов в воздухе, вдыхание которых может вызвать тот или иной эффект в организме, и дозы вещества, поступающего в организм через кожу или ЖКТ, способные вызвать определенные изменения.

Различают концентрации (дозы):

- минимальные абсолютно смертельные, вызывающие 100% гибель экспериментальных животных ( $LD_{100}$ ),
- средние смертельные концентрации, вызывающие гибель 50% экспериментальных животных ( $LD_{50}$ );
- минимальные смертельные концентрации, вызывающие гибель единичных экспериментальных животных.

Для практики важно знать **концентрации (дозы)**, вызывающие острые, подострые и хронические отравления; в последнем случае имеются в виду концентрации (дозы), вызывающие отравления при длительном их действии.

Особое значение имеют **пороговые концентрации**, вызывающие начальные признаки воздействия ядов на организм. Различают **пороги острого и хронического действия**, устанавливаемые при однократном или длительном поступлении яда в организм. Величины пороговых концентраций в большой мере зависят от лабильности исследуемой функции.

Так, например, по начальным клиническим признакам

пороговая концентрация окиси углерода составляет  $240 \text{ мг/м}^3$ , а по изменениям условнорефлекторной деятельности и иммунобиологической реактивности -  $20 \text{ мг/м}^3$ .

Наиболее чувствительна к ядам нервная система, поэтому величина пороговых концентраций чаще всего определяется по изменениям безусловной и условной рефлекторной деятельности. Весьма чувствительным тестом для установления величины пороговых концентраций является также иммунобиологическая реактивность, точнее образование антител. В некоторых случаях, например, для фосфорорганических соединений, весьма чувствительным специфическим показателем является снижение активности холинэстеразы. Вообще же для определения величин пороговых концентраций необходимы исследования ряда функций с учетом их интегративности и специфичности изменений при воздействии данного яда.

Обоснованное определение величин пороговых концентраций имеет большое значение, т.к. они являются исходным критерием для установления *предельно допустимых концентраций (ПДК)* вредных веществ в воздухе рабочей зоны, т.е. таких концентраций, которые при ежедневной работе в пределах восьми часов в течение всего рабочего стажа не могут вызвать у работающих каких-либо отклонений от нормального состояния или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленные сроки.

При установлении ПДК за исходный критерий принимаются начальные физиологические изменения в ответ на минимальные концентрации вещества, оказывающие влияние на организм и установленные при длительном воздействии, например, в течение полугода или года. Но к этой пороговой концентрации принято вводить гарантийную поправку (уменьшение в несколько раз) в зависимости от диапазона токсичности, т.е. разницы между пороговой и смертельной концентрацией. Чем меньше диапазон токсичности, тем большая требуется поправка.

Полученные таким образом предельно допустимые концентрации являются только ориентировочными. Для окончательного нормирования требуется проверка, осуществляемая длительным, например 5-летним наблюдением за состоянием

здоровья людей, работающих в условиях, при которых концентрация яда в воздухе не превышает предельно допустимую.

Кроме экспериментального метода определения предельно допустимых концентраций ядов, которые приняты в государстве, предложен ряд расчетных методов. Они могут считаться предварительными, и результаты, полученные этими методами, подлежат уточнению.

ПДК имеют весьма важное значение для гигиенической оценки санитарных условий труда.

Для гигиены особо важное значение имеет установление зависимости эффекта действия яда от дозы, концентрации и длительности действия. Химические вещества действуют по разному типу в зависимости от их структуры.

Так, одна группа веществ, поступая в организм, накапливается и прочно связывается с тканями. В этом случае говорят о *материальной кумуляции*. При этом однократно воздействующая концентрация (доза) этих веществ не играет решающей роли, а имеет значение суммарное количество вещества, что в значительной мере зависит от длительности действия, т.е. *времени*.

Другая группа веществ, наоборот, не вызывает необратимых изменений в тканях, а лишь функциональные; иначе говоря, эти вещества обладают свойством вызвать *функциональную кумуляцию*, кумуляцию физиологических процессов. Для этой группы веществ решающее значение имеет концентрация (доза): если концентрация будет ниже пороговой, физиологические изменения в организме не наступят, несмотря на длительное действие.

Для количественного выражения кумулятивного процесса пользуются *коэффициентом кумуляции* – отношением суммарной дозы вещества, вызывающей определенный эффект при дробном введении, к величине дозы, дающей такой же эффект при однократном введении.

### **Связь между токсическим действием веществ и их химической структурой и физическими свойствами**

Существует тесная связь между химической структурой, физическими свойствами вещества и их токсическим действием.

Н.В. Лазаревым показано, что токсичность неэлектролитов возрастает с увеличением значения коэффициента распреде-



ления масло/вода. Е.И. Люблиной установлено, что по мере количественных изменений некоторых физико-химических констант веществ меняется и неэлектролитное действие, на основании чего выделены два типа наркотиков:

- *первый тип* – более гидрофильные неэлектролиты: этиловый спирт, этиловый эфир, ацетон и др.;
- *второй* – резко гидрофильные неэлектролиты: бензин, бензол, толуол, ксилол.

*По правилу Ричардсона, в гомологическом ряду сила наркотического действия возрастает с увеличением числа атомов углерода в молекуле.*

Если принять силу наркотического действия этилового спирта за 1, то сила наркотического действия остальных спиртов выражается следующим образом: метиловый спирт ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) – 0,8, этиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) – 1, пропиловый спирт ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ ) – 2 и т.д.

Это правило верно для большой группы углеводородов, кроме углеводородов ароматического ряда; оно может служить ориентиром для выбора в гомологическом ряду органического растворителя с меньшим наркотическим действием.

С усилением наркотического эффекта возрастает и **гемолитическое действие веществ**.

Важно также так называемое **правило разветвленных цепей**, согласно которому наркотические действия ослабляются с разветвлением цепи углеродных атомов. Установлено также, что углеводороды, имеющие одну длинную боковую цепь, оказывают большее наркотическое действие, чем их изомеры, имеющие несколько коротких боковых цепей. Замыкание цепи углеродных атомов усиливает действие вещества.

Биологическая активность вещества возрастает с увеличением кратных связей, т.е. с увеличением неопределенности соединения (**правило кратных связей**). Наркотическое действие этана слабее, чем этилена, а действие последнего слабее, чем ацетиленового.

Неопределенность вообще оказывает влияние на химическую активность. Так, например, с увеличением неопределенности усиливаются раздражающие свойства вещества. Так неопределенные спирты и альдегиды оказывают сильное раздражающее действие,

а насыщенные спирты – пропиловый и бутиловый – слабое.

Резко меняется действие вещества при введении галоидов в молекулу углеводорода, в частности атома хлора. Хлорзамещенные углеводороды жирного ряда очень токсичны, вызывают жировое перерождение паренхиматозных органов. Такого же характера токсичностью обладают хлорзамещенные спирты. Эти же соединения вызывают значительные поражения нервной системы и оказывают сильное раздражающее действие.

Представляет интерес в отношении связи структуры химического вещества и его биологического действия большая группа нитро- и аминопроизводных бензола и его гомологов. Характер действия таких веществ резко меняется: наркотическое действие не проявляется, а на первый план выдвигается специфическое действие на кровь (образование метгемоглобина), на ЦНС, на паренхиматозные органы (дегенеративные изменения).

Увеличение в молекуле числа групп  $\text{NO}_2$  придает веществу большую токсичность.

Опасность отравления в значительной степени зависит от физических свойств вещества: летучести, агрегатного состояния, растворимости и др.

Выше было указано, что наркотическое действие углеводов в гомологическом ряду возрастает с увеличением числа углеродных атомов. Так как при этом параллельно повышаются молекулярный вес и точка кипения, снижается летучесть веществ, то в результате, при прочих равных условиях, уменьшается опасность отравления ими через дыхательные пути и увеличивается опасность отравления через кожу.

Большое значение в отношении опасности отравления имеет агрегатное состояние. Твердые органические вещества проникают через кожу медленно и так же медленно могут вызывать отравление. Из неэлектролитов, растворяющихся в липидах, наиболее опасны при поступлении через кожу те, которые имеют маслянистую или кашецеобразную консистенцию.

В отравлении химическими веществами, находящимися в воздухе в виде пыли, большое значение приобретает дисперсность: с увеличением ее ускоряется сорбция и быстрее проявляется действие яда.

Существенное значение имеет также растворимость твердых веществ в воде и жидкостях организма. Чем выше растворимость, тем больше опасность отравления: например, сернистый свинец плохо растворим и поэтому менее ядовит, чем другие соединения свинца; мышьяк и его сернистые соединения нерастворимы в воде и поэтому неядовиты, окислы же мышьяка растворимы и очень ядовиты.

## **5. Действие ядов в различных производственных условиях. Сочетанное действие ядов и других вредных производственных факторов**

### **Действие ядов на организм при различных температурных условиях**

Практический интерес представляет действие ядов в условиях высокой температуры воздушной среды. При высокой температуре воздуха увеличенный объем легочной вентиляции и скорость кровообращения усиливают сорбцию паров и газов через легкие, и признаки отравления в этом случае наступают быстрее, чем в условиях нормальной температуры. В условиях высокой температуры воздуха вследствие ускорения кровотока в коже такие яды, как неэлектролиты, растворяющиеся в жирах и липоидах, проникают через нее значительно быстрее. Этим объясняется тот факт, что в производстве нитро- и аминопроизводных бензола и его гомологов отравления происходят чаще в жаркое время года.

В этих случаях быстрее наступают признаки отравления, однако в самом течении его различий не наблюдается. Более тяжелое течение отмечается в том случае, когда нарушается теплоотдача организма и происходит задержка тепла в нем вследствие нарушения терморегуляции. Например, в опытах на белых мышках, у которых терморегуляция нарушается при температуре воздуха 35° и выше, несмертельные концентрации ядов вызывали гибель животных при этой температуре. В то же время адаптированные к температуре 35° животные не погибали. Для практики важен вывод, что присутствие паров токсических веществ в воздухе в условиях высокой температуры повышает опасность отравлений, особенно при нарушении терморегуляции.

### **Действие производных ядов на организм в связи с работой**

Во время физической работы объем легочной вентиляции и минутный объем сердца увеличиваются, вследствие чего возрастает скорость сорбции паров и газов ядов через легкие, гораздо раньше появляются признаки отравления.

Особого внимания требует выполнение физической работы в условиях вдыхания паров и газов, нарушающих обмен веществ в результате наступающей аноксемии или гипоксемии, например, при отравлении окисью углерода. В условиях гипоксемии кислородный потолок может быть значительно снижен, и тогда организм не в состоянии получить количество кислорода соответственно кислородному запросу при физической работе.

При отравлении динитрофенолом потребление кислорода резко увеличивается, и физическая работа в этих условиях, требующая дополнительного кислорода, может привести организм к полной аноксемии.

### **Питание и производственные яды**

Качественный состав пищи оказывает влияние на обезвреживание ядов в организме. При диете, бедной углеводами, резко ослаблен синтез парных соединений с глюкуроновой кислотой; углеводное питание повышает резистентность к таким ядам, как фосфор, хлороформ; кислая пища способствует образованию парных соединений с фенолом и синтезу глюкуроновой кислоты; кальциевые соли повышают резистентность организма при отравлении четыреххлористым углеродом.

Таким образом, спецпитание для рабочих по составу пищевых веществ должно быть установлено с учетом механизма действия яда или группы ядов и путей их обезвреживания.

Особое значение при производственных интоксикациях имеют витамины. При авитаминозах организм более чувствителен к ядам. Витамин С благоприятно влияет при отравлении свинцом, динитрофенолом и др. ядами. Витамин В<sub>1</sub> оказывает лечебное и профилактическое действие при отравлении ядами, вызывающими поражение нервной системы.

В советское время не существовало вполне обоснованных рекомендаций в отношении питания при контакте с отдельными группами ядов. Считалось, что рабочим, подвергающимся влия-

нию производственных ядов, нужно предоставить полноценное в количественном и качественном отношении смешанное питание, состоящее из всех необходимых пищевых веществ, минеральных солей и витаминов (молоко следует рассматривать как высокой ценности пищевой продукт, способствующий повышению сопротивляемости организма, а не как универсальное противоядие или нейтрализующее вещество).

Комбинированное действие промышленных ядов.

В производственных условиях довольно часто происходит комбинированное действие на организм двух или нескольких ядов одновременно. Очень часты комбинации CO и O<sub>2</sub> в кузнечных, литейных и других цехах; CO и SO<sub>2</sub> при взрывных работах; паров бензола, нитробензола и окислов азота в производстве нитробензола и пр.

Возможны три основных типа комбинированного действия химических веществ:

- синергизм – когда одно вещество усиливает (потенцирует) действие другого вещества;
- антагонизм – когда одно вещество ослабляет действие другого;
- суммация (аддитивное действие) - когда действие веществ суммируется.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в большинстве случаев промышленные яды в сочетании действуют по типу суммации. В практике это важно знать при гигиенической оценке воздушной среды. Так, например, если в воздухе присутствуют пары двух раздражающих веществ, для которых установлена предельно допустимая концентрация по 10 мг/м<sup>3</sup> для каждого, то это значит, что в комбинации они окажут такое же действие, как 20 мг/м<sup>3</sup> какого-либо одного из этих веществ.

Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия газов предложена формула:

$$\frac{a_1}{x_1} + \frac{a_2}{x_2} + \dots = 1$$

где a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> - обнаруженные в воздухе концентрации, x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> - предельно допустимые концентрации этих веществ.

Аддитивное действие ядов в комбинации при гигиенической оценке воздушной среды учтено в санитарных нормах проектирования промышленных предприятий.

## **Лекция № 12. Сочетанное действие вредных факторов**

### **Вопросы**

1. Влияние параметров микроклимата (температура, влажность, барометрического давления) на токсичность ядов. Пылегазовые композиции.

2. Воздействие негативных факторов и их воздействие

3. Сочетание вредных веществ и механических колебаний (вибрации, шума, ультразвука).

4. Двойственность комбинированного действия УФ-излучения и токсичных веществ. Два аспекта воздействия вибрации и ядов.

5. Влияние тяжелого физического труда на возможность отравления.

### **1. Влияние параметров микроклимата (температура, влажность, барометрического давления) на токсичность ядов. Пылегазовые композиции**

В условиях среды обитания, особенно в производственных условиях, человек подвергается, как правило, многофакторному воздействию, эффект которого может оказаться более значительным, чем при изолированном действии того или иного фактора.

Установлено, что токсичность ядов в определенном температурном диапазоне является наименьшей, усиливаясь как при повышении, так и понижении температуры воздуха. Главной причиной этого является изменение функционального состояния организма: нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение биохимических процессов. Учащение дыхания и усиление кровообращения приводят к увеличению поступления яда в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и

слизистых повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути. Усиление токсического действия при повышенных температурах воздуха отмечено в отношении многих летучих ядов: паров бензина, паров ртути, оксидов азота и др. Низкие температуры повышают токсичность бензола, сероуглерода и др.

Повышенная влажность воздуха увеличивает опасность отравлений особенно раздражающими газами. Причиной этого служит усиление процессов гидролиза, повышение задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменение агрегатного состояния ядов. Растворение ядов с образованием слабых растворов кислот и щелочей усиливает их раздражающее действие.

Изменение атмосферного давления также влияет на токсический эффект. При повышенном давлении усиление токсического эффекта происходит вследствие двух причин: во-первых, наибольшего поступления ядов вследствие роста парциального давления газов и паров в атмосферном воздухе и ускоренного перехода их в кровь, во-вторых, за счет изменения функций дыхания, кровообращения, ЦНС и анализаторов. Пониженное атмосферное давление усиливает воздействие таких ядов, как бензол, алкоголь, оксиды азота, ослабляется токсическое действие озона.

Из множества сочетаний неблагоприятных факторов наиболее часто встречаются пылегазовые композиции. Газы адсорбируются на поверхности частиц и захватываются внутрь их скоплений. При этом локальная концентрация адсорбированных газов может превышать их концентрацию непосредственно в газовой фазе. Токсичность аэрозолей в значительной мере зависит от адсорбированных или содержащихся в них газов. Токсичность газоаэрозольных композиций подчиняется следующему правилу: если аэрозоль проникает в дыхательные пути глубже, чем другой компонент смеси, то отмечается усиление токсичности. Токсичность смесей зависит не только от глубины проникновения в легкие, но и от скорости адсорбции и, главное, десорбции яда с поверхности частиц. Десорбция происходит в дыхательных путях и альвеолах и ее активность связана с физико-химическими свойствами поверхности аэрозолей и свойствами газов. Адсорбция тем выше, чем меньше молекула газа. При значительной связи газа с аэрозолем (капиллярная конденсация,

хемосорбция) комбинированный эффект обычно ослабляется.

Рассматривая сочетанное действие неблагоприятных факторов физической и химической природы, следует отметить, что на высоких уровнях воздействия наблюдаются потенцирование, антагонизм и независимый эффект. На низких уровнях, как правило, наблюдаются аддитивные зависимости. Известно усиление эффекта токсического действия свинца и ртути, бензола и вибрации, карбофоса и ультрафиолетового излучения, шума и марганецсодержащих аэрозолей.

Шум и вибрация всегда усиливают токсический эффект промышленных ядов. Причиной этого является изменение функционального состояния ЦНС и сердечно-сосудистой системы. Шум усиливает токсический эффект оксида углерода, стирола, крекинг-газа и др. Вибрация, изменяя реактивность организма, повышает его чувствительность к другим факторам, например, кобальту, кремниевым пылям, дихлорэтану; оксид углерода более токсичен в сочетании с вибрацией.

Ультрафиолетовое излучение, оказывая влияние на взаимодействие газов в атмосферном воздухе, способствует образованию смога. При ультрафиолетовом облучении возможна sensibilization организма к действию некоторых ядов, например развитие фотодерматита при загрязнении кожи пековой пылью. Вместе с тем ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным веществам вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого обезвреживания яда. Так, токсичность оксида углерода при ультрафиолетовом облучении снижается благодаря ускоренной диссоциации карбоксигемоглобина и более быстрого выведения яда из организма.

Большое практическое значение имеет проблема комбинированного влияния ионизирующего излучения и химического фактора. Особенно злободневны два аспекта этой проблемы: первый – уменьшение разрушающего действия радиации путем одновременного воздействия вредного вещества, используя явление антагонизма. Например, установлено, что острое воздействие ядов, вызывающее в организме гипоксию (снижение кислорода в тканях) и одновременное и последовательное действие ионизирующей радиации сопровождается ослаблением тяжести



радиационного поражения, т. е. способствует большей радиостойчивости организма. Такой эффект замечен для оксида углерода, анилина, цианидов, а также веществ, относящихся к классу индолилалкиламинов, производных триптофана (серотинин, мексамин). К другой группе веществ, снижающих радиочувствительность биологических тканей, относятся меркаптоалкиламины. Защитное действие гипоксии и некоторых веществ наиболее выражено при воздействии гамма- и рентгеновского излучения, при нейтронном облучении, при облучении тяжелыми ядрами.

Второй аспект – усиление эффекта действия вследствие синергизма радиационного воздействия и теплоты, радиации и кислорода. К числу радиосенсибилизирующих относятся ртуть и ее соединения, формальдегид, вещества, относящиеся к сульфгидрильным ядам.

Тяжелый физический труд сопровождается повышенной вентиляцией легких и усилением скорости кровотока, что приводит к увеличению количества яда, поступающего в организм. Кроме того, интенсивная физическая нагрузка может приводить к истощению механизмов адаптации с последующим развитием профессионально обусловленных заболеваний.

Оценивая сочетанное влияние неблагоприятных факторов на организм, следует иметь в виду, что, как правило, ранние изменения в организме неспецифичны для действия какого-либо из них и отражают лишь срыв приспособительных реакций. При продолжающемся воздействии сверхдозовых уровней растет частота профессионально обусловленных общих заболеваний или формируются различные формы профессиональных заболеваний.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействием физических факторов, относятся: вегетативно-сосудистая дистония, астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы (связаны с воздействием неионизирующих излучений), вибрационная болезнь, кохлеарный неврит (при систематическом воздействии производственного шума), электроофтальмия, катаракта и др.

Достаточно часто встречаются профессиональные заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем, например, писчий спазм у

машинисток, чертежников, стенографисток, заболевания периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата – у доярок ручной дойки, кузнецов и обрубщиков, лесозаготовителей, маляров.

## 2. Воздействие негативных факторов и их воздействие

Оценка негативных факторов. При оценке воздействия негативных факторов на человека следует учитывать степень влияния их на здоровье и жизнь человека, уровень и характер изменений функционального состояния и возможностей организма, его потенциальных резервов, адаптивных способностей и возможности развития последних.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера - Фехнера. Он выражает связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя

где  $dL$  - элементарное ощущение организма;  $a$  - коэффициент пропорциональности;  $dR$ -элементарное приращение раздражителя.

Интегрируя данное выражение и принимая  $a = 101ge$ , получают уровень ощущения раздражителя (дБ)

где  $R_0$  - пороговое значение ощущений, т.е. минимальная энергия раздражителя, характеризующая начало ощущения.

На базе закона Вебера - Фехнера построено нормирование вредных факторов. Чтобы исключить необратимые биологические эффекты, воздействие факторов ограничивается предельно допустимыми уровнями или предельно допустимыми концентрациями.

Предельно допустимый уровень или предельно допустимая концентрация - это максимальное значение фактора, которое, воздействуя на человека (изолированно или в сочетании с другими факторами), не вызывает у него и у его потомства биологических изменений даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций,

нарушений физиологических циклов, а также психологических нарушений (снижения интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности). ПДК и ПДУ устанавливаются для производственной и окружающей среды. При их принятии руководствуются следующими принципами:

- приоритет медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (технической достижимостью, экономическими требованиями);

- пороговость действия неблагоприятных факторов (в том числе химических соединений с мутагенным или канцерогенным эффектом действия, ионизирующего излучения);

- опережение разработки и внедрения профилактических мероприятий появления опасного и вредного фактора.

Распределение ядовитых веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. Первоначально происходит динамическое распределение вещества в соответствии с интенсивностью кровообращения. Затем основную роль начинает играть сорбционная способность тканей. Существуют три главных бассейна, связанных с распределением вредных веществ: внеклеточная жидкость (14 л для человека массой 70 кг), внутриклеточная жидкость (28 л) и жировая ткань. Поэтому распределение веществ зависит от таких физико-химических свойств, как водорастворимость, жирорастворимость и способность к диссоциации. Для ряда металлов (серебра, марганца, хрома, ванадия, кадмия и др.) характерно быстрое выведение из крови и накопление в печени и почках. Легко диссоциируемые соединения бария, бериллия, свинца образуют прочные соединения с кальцием и фосфором и накапливаются в костной ткани.

Очень важно отметить комбинированное действие вредных веществ на здоровье человека. На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ; обычно работающий на производстве подвергается сочетанному действию неблагоприятных факторов разной природы (физических, химических) или комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще ряду химических веществ. Комбинированное действие - это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном

и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия ядов в зависимости от эффектов токсичности: аддитивного, потенцированного, антагонистического и независимого действия. Аддитивное действие-это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводов (бензола и изопропилбензола).

При потенцированном действии (синергизме) компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше, больше аддитивного и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях. Однако количественной оценки это явление не получило. Потенцирование отмечается при совместном действии диоксида серы и хлора; алкоголь повышает опасность отравления анилином, ртутью и некоторыми другими промышленными ядами. Явление потенцирования возможно только в случае острого отравления.

Антагонистическое действие - эффект комбинированного действия менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект - менее аддитивного. Примером может служить антидотное (обезвреживающее) взаимодействие между эзерином и атропином.

При независимом действии комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

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

Пути обезвреживания ядов различны. Первый и главный

из них - изменение химической структуры ядов. Так, органические соединения в организме подвергаются чаще всего гидроксигированию, ацетилированию, окислению, восстановлению, расщеплению, метилированию, что в конечном итоге приводит большей частью к возникновению менее ядовитых и менее активных в организме веществ.

Не менее важный путь обезвреживания - выведение яда через органы дыхания, пищеварения, почки, потовые и сальные железы, кожу. Тяжелые металлы, как правило, выделяются через желудочно-кишечный тракт, органические соединения алифатического и ароматического рядов - в неизменном виде через легкие и частично после физико-химических превращений через почки и желудочно-кишечный тракт. Определенную роль в относительном обезвреживании ядов играет депонирование (задержка в тех или иных органах). Депонирование является временным путем уменьшения содержания яда, циркулируемого в крови. Например, тяжелые металлы (свинец, кадмий) часто откладываются в депо: костях, печени, почках, некоторые вещества - в нервной ткани. Однако яды из депо могут вновь поступать в кровь, вызывая обострение хронического отравления.

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ применяют гигиеническое нормирование их содержания в различных средах. В связи с тем, что требование полного отсутствия промышленных ядов в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, особую значимость приобретает гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88). Такая регламентация в настоящее время проводится в три этапа: 1) обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ); 2) обоснование ПДК; 3) корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья. Установлению ПДК может предшествовать обоснование ОБУВ в воздухе рабочей зоны, атмосфере населенных мест, в воде, почве.

Ориентировочный безопасный уровень воздействия устанавливают временно, на период, предшествующий проектированию производства. Значение ОБУВ определяется путем расчета по физико-химическим свойствам или путем интерполяции и экстраполяции в гомологических рядах (близких по строению)

соединений или по показателям острой токсичности. ОБУВ должны пересматриваться через два года после их утверждения.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны - это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в продолжение 8 ч или при другой длительности, но не превышающей 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия  $Limch$ , в который вводится коэффициент запаса  $K3$ :

$$ПДК = Limch / K3$$

ПДК устанавливаются на уровне в 2-3 раза более низком, чем  $Limch$ . При обосновании коэффициента запаса учитывают КВИО, выраженные кумулятивные свойства, возможность кожно-резорбтивного действия, чем они значительнее, тем больше избираемый коэффициент запаса. При выявлении специфического действия - мутагенного, канцерогенного, сенсибилизирующего - принимаются наибольшие значения коэффициента запаса (10 и более).

До недавнего времени ПДК химических веществ оценивали как максимально разовые ПДК<sub>мр</sub>. Превышение их даже в течение короткого времени запрещалось. В последнее время для веществ, обладающих кумулятивными свойствами (меди, ртути, свинца и др.), для гигиенического контроля введена вторая величина - среднесменная концентрация ПДК<sub>сс</sub>. Это средняя концентрация, полученная путем непрерывного или прерывистого отбора проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены, или средневзвешенная концентрация в течение смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Для веществ, обладающих кожно-резорбтивным действием, обосновывается предельно допустимый уровень загрязнения кожи ( $мг/см^2$ ) в соответствии с СН 4618-88 (табл.3.5).

Содержание веществ в атмосферном воздухе населенных мест также регламентируется ПДК, при этом нормируется средне-

суточная концентрация вещества. Кроме того, для атмосферы населенных мест устанавливают максимальную разовую величину.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе населенных мест - максимальные концентрации, отнесенные к определенному периоду осреднения (30 мин, 24 ч, 1 мес, 1 год) и не оказывающие при регламентированной вероятности их появления ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и последующих поколений, не снижающие работоспособности человека и не ухудшающие его самочувствия.

Максимальная (разовая) концентрация ПДК<sub>мр</sub> - наиболее высокая из числа 30-минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения.

В основу установления максимальной разовой ПДК положен принцип предотвращения рефлекторных реакций у человека.

Среднесуточная концентрация ПДК<sub>сс</sub> - средняя из числа концентраций, выявленных в течение суток или отбираемая непрерывно в течение 24 ч.

В основу определения среднесуточной концентрации положен принцип предотвращения резорбтивного (общетоксического) действия на организм.

Если порог токсического действия для какого-то вещества оказывается менее чувствительным, то решающим в обосновании ПДК является порог рефлекторного воздействия как наиболее чувствительный. В подобных случаях ПДК<sub>мр</sub> > ПДК<sub>сс</sub>, например, для бензина и акролеина. Если же порог рефлекторного действия менее чувствителен, чем порог токсического действия, то принимают ПДК<sub>мр</sub> = ПДК<sub>сс</sub>. Существует группа веществ, у которых отсутствует порог рефлекторного действия (мышьяк, марганец и др.) или он выражен недостаточно четко [оксид ванадия (V)]. Для таких веществ ПДК<sub>мр</sub> не нормируется, а устанавливается лишь ПДК<sub>сс</sub>.

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения используют трех видов: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический; для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют еще два вида

ЛПВ: токсикологический и рыбохозяйственный.

Для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение трех, а для водоемов рыбохозяйственного назначения - пяти неравенств. При этом каждое вещество можно учитывать только в одном неравенстве.

Гигиенические и технические требования к источникам водоснабжения и правила их выбора в интересах здоровья населения регламентируются ГОСТ 2761-84\*. Гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованных систем питьевого водоснабжения указаны в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.1.4.559-96 и СанПиН 2.1.4.544-966.

Нормирование химического загрязнения почв осуществляется по предельно допустимым концентрациям (ПДКп). Это концентрация химического вещества (мг) в пахотном слое почвы (кг), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы. По своей величине ПДКп значительно отличается от принятых допустимых концентраций для воды и воздуха. Это отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм непосредственно из почвы происходит в исключительных случаях в незначительных количествах, в основном через контактирующие с почвой среды (воздух, воду, растения).

Регламентирование загрязнения осуществляется в соответствии с нормативными документами. Различают четыре разновидности ПДКп в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды: ТВ -транслокационный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений; МА-миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу; МВ - миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водные источники; ОС - общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы и микробиоценоз.

Для оценки содержания вредных веществ в почве прово-



дят отбор проб на участке площадью 25 м<sup>2</sup> в 3...5 точках по диагонали с глубины 0,25 м, а при выяснении влияния загрязнений на грунтовые воды - с глубины 0,75...2 м в количестве 0,2...1 кг. В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствуют ПДКп, рассчитывают временные допустимые концентрации

$$\text{ВДКп} = 1,23 + 0,48 \text{ ПДКпр},$$

где ПДКпр - предельно допустимая концентрация для продуктов питания (овощных и плодовых культур), мг/кг.

К профессиональным заболеваниям, вызываемым воздействием вредных веществ, относятся острые и хронические интоксикации, протекающие с изолированным или сочетанным поражением органов и систем: токсическое поражение органов дыхания (ринофаринголарингит, эрозия, перфорация носовой перегородки, трахеит, бронхит, пневмосклероз и др.), токсическая анемия, токсический гепатит, токсическая нефропатия, токсическое поражение нервной системы (по-линевропатия, неврозоподобные состояния, энцефалопатия), токсическое поражение глаз (катаракта), конъюнктивит, кератоконъюнктивит, токсическое поражение костей: остеопороз, остеосклероз. В эту же группу входят болезни кожи, металлическая, фторопластовая (тефлоновая) лихорадка, аллергические заболевания, новообразования.

Следует иметь в виду возможность развития профессиональных опухолевых заболеваний, особенно органов дыхания, печени, желудка и мочевого пузыря, лейкозы при длительных контактах с продуктами перегонки каменного угля, нефти, сланцев, с соединениями никеля, хрома, мышьяка, винилхлоридом, радиоактивными веществами и т.д.

Профессиональные заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей: пневмокониозы (силикоз, силикатозы, металлокониозы, карбокониозы, пневмокониозы от смешанной пыли, пневмокониозы от пыли пластмасс), биссиноз, хронический бронхит.

## **Список литературы:**

### **Основная литература**

1. Артамонова В.Г., Мухин Н.А. Профессиональные болезни. М.: Медицина, 2004.
2. Занько Н.Г., Ретнев В.М. «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности», М.: «Академия», 2008. – 288 с.
3. Занько Н.Г., Ретнев В.М. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Лабораторный практикум. – Серия: Высшее профессиональное образование. Academia, 2005. – 256 с.
4. В. Н. Осипова Основы физиологии человека и промышленной токсикологии. – МГИУ, 2008.
5. Н.Ф. Измеров Профессиональные болезни: учебник. М.6 Изд. Цент «Академия», 2011. -464 с.
6. Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни: Учеб. пособие.— М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011.—252 с.

### **Дополнительная литература**

1. Алексеев С.В., Хайлович М.Л. и др. Производственный шум. – М.: Медицина, 1991.
2. Артамонов В.Г., Шталов Н.Н. Профессиональные болезни. – М.: Медицина, 1988
3. Биологические эффекты при длительном поступлении радионуклидов. – М: Энергоатомиздат, 1988.
4. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. – М.: Энергоатомиздат, 1990
5. Вредные вещества в химической промышленности. В 3-х томах. /Под ред. Лазарева Н.В. – Л: Химия, 1976.
6. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2-х томах. /Под ред. Исаева Л.К. – М: ПАИМС, 1997.
7. Горбатовский В.В., Рыбальский Н.Г. Экологическая безопасность в городе. – М., 1996
8. Дименберг Ф.М., Фролов К.В. Вибрация в технике и человек. М.: Знание, 1987.
9. Домашний гигиенический справочник. / Авт. сост. В.В. Семенова, В.В. Топорков, СПб: Химия, 1995.
10. Жамгоцев Г.Г., Предтеченский М.Б. Медицинская помощь пораженным ядовитыми веществами (СДЯВ). – М, 1993.
11. Жилов Ю.Д., Куценко Г.И. Справочник по медицине труда и экологии. – М.: ВШ, 1995.
12. Исмаилов Э.Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучений. – М: Энергоатомиздат, 1987.
13. Лабораторный практикум по охране труда. / Под. ред. д.т.н.,

проф. Н.Д. Золотницкого. М: Высшая школа, 1979.

14. Лойт А.О., Кротов Ю.А. Установление гигиенических регламентов в разных средах. Учеб. Пособие. СПб: 1996.

15. Методы снижения электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц. Справочное руководство. Афанасьев А.И., Карпиков И.И., М., НИИ Циклон-тест, 2001.

16. Орлов Г.Г. Охрана труда в строительстве. Учебник для вузов. – М: Высшая школа, 1984.

17. Раннее выявление профессиональных болезней / под ред. Рацкова С.М. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1988.

18. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов: Справочник: в 2 т. – М.: Изд-во стандартов, 1990

19. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда. / Под ред. З.И. Израэльсона, Н.Ю. Тарасенко. – М.: Медицина, 1981.

20. Руководство по гигиене труда. В 2-х томах. /Под ред. Измерова Н.Ф. – М: Медицина, 1987.

21. Справочник отечественных средств измерений опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.М.,1999.

22. Справочник по профессиональным патологиям/ Под ред. Л.Н. Грацианской, В.Е. Ковшило. – 3-е. изд. – Л.: Медицина, 1981.

23. Терешин В.С., Каменский В.Б. Охрана труда в туристическом хозяйстве. – М: Транспорт, 1999.

24. Трча С. Искусство вести здоровый образ жизни. Пер. с чешск. – М.: Медицина, 1984.

25. Фролов В.М. Уровни функционирования физиологических систем и методы их определения. – Л., 1972.

26. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. Сер. «Учебники и учебные пособия». – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 352.

27. Человек и шум. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко, М., 2001.

28. Белова, Т.И. Средства и способы радиационной и химической защиты [Текст]/ Т.И.Белова, Ю.Л.Померанцев, С.С. Сухов. - Брянск: РИО БГУ, 2013.-280с.

29. Белова Т.И. Обеспечение условий труда работающих пищевоконцентратных производств созданием системы пылеудаления-пылезащиты: монография [Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гавришук, Д.П. Санников. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2014. – 134 с.

30. Белова, Т.И. Улучшение условий труда использованием автоматизированных и автоматических систем регулирования параметров воздушной среды и средств индивидуальной защиты [Текст] / Т.И. Белова, В.И. Гавришук, В.Е. Бурак, Е.М. Агашков.- Вестник МАНЭБ.-С-Петербург.-Т17.-№3, 2012 С.91-94

Учебное издание

Менякина Анна Григорьевна

**Курс лекций**  
**«Медико- биологические основы безопасности»**

Учебное пособие для бакалавров  
Направление 280700 (20.03.01) Техносферная безопасность

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 3.07.2015 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 15,57. Тираж 100 экз. Изд. № 3069.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ