

Содержание

Введение	4
Раздел 1. Нервная система и анализаторы	5
1.1. Функции и строение нервной системы.....	6
1.1.1. Центральная нервная система.....	11
1.1.2. Вегетативная нервная система.....	15
1.2. Значение и основные характеристики анализаторов.....	16
1.2.1. Зрительный анализатор.....	18
1.2.2. Слуховой анализатор.....	22
1.2.3. Вестибулярный анализатор.....	24
1.2.4. Кожный анализатор.....	25
1.2.5. Двигательный анализатор.....	26
1.2.6. Обонятельный анализатор.....	27
1.3. Иммуитет.....	27
Раздел 2. Воздействие факторов окружающей и производственной среды на человека	29
2.1. Освещение и его гигиеническое значение.....	29
2.2. Влияние показателей микроклимата на организм человека.....	32
2.3. Воздействие вредных веществ.....	37
2.3.1. Промышленная пыль.....	38
2.3.2. Промышленные яды.....	41
2.4. Воздействие шума.....	44
2.5. Воздействие вибрации.....	46
2.6. Воздействие электромагнитных излучений радиочастот.....	48
2.7. Воздействие лазерного излучения.....	50
2.8. Воздействие ионизирующего излучения.....	52
Литература.....	56

Введение

Человек находится в постоянном взаимодействии с окружающей его средой, получая из нее все необходимое для своего существования и испытывая на себе воздействие ее непрерывно изменяющихся условий – световых, температурных, магнитных и др.

Окружающая среда – это совокупность множества физических, химических, биологических, социальных факторов, способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на организм человека хотя бы на одном из этапов его развития. Воздействующими факторами среды являются температура и влажность воздуха, его газовый состав, химические вещества, освещение, шум, вибрация, различного рода излучения и многое другое.

Согласно закону толерантности Шелфорда (или закону лимитирующего фактора) любой живой организм имеет пределы устойчивости к любому воздействию фактору. Организм человека без негативных последствий переносит те или иные воздействия, пока они не превышают пределы его адаптационных возможностей. В свою очередь, все факторы окружающей среды динамичны во времени и пространстве, и их параметры, особенно на производстве, могут выходить за пределы устойчивости организма человека. В этих случаях, воздействуя на человека, факторы начинают подавлять жизнедеятельность его организма, т.е. становятся *факторами риска* заболеваний, расстройств, травм и даже гибели организма.

По последствиям негативного воздействия на человека все неблагоприятные факторы окружающей среды делят на опасные и вредные.

Опасным фактором называют такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к его травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредным фактором называют фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

В условиях производства наличие на рабочем месте опасных и вредных факторов увеличивает риск возникновения у работающих производственных травм и развития профессиональных заболеваний.

Поскольку на большинстве предприятий работа зачастую выполняется при воздействии на человека тех или иных опасных и вредных производственных факторов, то разработка оптимальных решений вопросов безопасности труда в значительной мере зависит от знаний в области физиологии и гигиены труда, исследующих закономерности протекания физиологических процессов в организме человека, особенности их регуляции и пределы адаптационных возможностей при различных условиях труда.

Раздел 1. Нервная система и анализаторы

В течение всей жизни организм человека непрерывно подвергается воздействию множества факторов. Факторы, вызывающие изменение состояния организма или его деятельности, называют *раздражителями*. Они могут быть внешними, исходящими из окружающей среды, и внутренними, возникающими при изменении состояния органов, тканей и особенно состава крови.

Воздействие раздражителя на организм (на клетку или ткань) называется *раздражением*. Организм человека воспринимает раздражение благодаря одному из основных проявлений жизни – раздражимости.

Раздражимость – это способность организма отвечать на воздействие раздражителя активными реакциями: изменением обмена веществ, движением, образованием нервных импульсов. Одной из форм реакции живых клеток на действие раздражителей является *возбуждение*, вызывающее переход из состояния относительного физиологического покоя к деятельности.

Раздражители характеризуются качеством, силой, интенсивностью, уровнем, концентрацией, дозой.

По биологическому значению все раздражители делятся на адекватные (соответствующие) и неадекватные, т. е. несоответствующие.

Адекватные раздражители – раздражители, к действию которых клетки и ткани органов приспособлены исторически. Например, для глаза адекватным раздражителем являются световые лучи, для органа слуха – звуковые колебания.

Неадекватными раздражителями будут такие, воздействию которых в естественных условиях данная клетка или ткань не подвергается и к восприятию которых специально не приспособлена. Например, неадекватными раздражителями для скелетной мышцы будут действие кислоты, щелочи, электрический ток, для глаза – лазерное излучение, химические вещества.

В ответ на воздействие раздражителей организм человека, представляя собой саморегулирующуюся систему, осуществляет функциональную перенастройку физиологических, биохимических и биофизических процессов, которая способствует сохранению гомеостаза.

Гомеостаз – это относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды организма и устойчивость его основных физиологических функций (терморегуляции, кровообращения, газообмена и пр.).

Наиболее важные для обеспечения жизнедеятельности организма константы гомеостаза (температура тела, осмотическое давление крови и тканевой жидкости и др.) поддерживаются сложными компенсаторными механизмами, в которых участвуют нервная, эндокринная, сенсорные системы.

Компенсаторные механизмы – защитно-приспособительные реакции организма, направленные на устранение или ослабление функциональных

сдвигов в организме, вызванных воздействием внешних раздражителей – факторов окружающей среды. Так, например, при низких температурах воздуха для поддержания температуры тела на относительно постоянном уровне в организме за счет действия механизма терморегуляции повышается интенсивность обмена веществ и, как следствие, увеличивается образование тепла, в то же время в результате сужения кровеносных сосудов кожи уменьшается теплоотдача, что в целом препятствует понижению температуры тела.

Компенсаторные механизмы служат составной частью резервных сил организма, обладающего определенными возможностями *адаптации* – приспособления (или привыкания) к меняющимся условиям среды. Биологический смысл адаптации состоит в установлении и сохранении гомеостаза, позволяющего организму существовать при изменении окружающей среды.

Диапазон адаптационных возможностей человека достаточно широк, хотя и не беспределен. В связи с этим, в зависимости от силы действующего на организм человека внешнего раздражителя ответная реакция организма может характеризоваться как функциональными сдвигами в диапазоне нормальных колебаний функции, так и патологическими изменениями, определяющими развитие заболевания.

Решающая роль в организации и активизации ответных защитно-приспособительных реакций, которые способствуют поддержанию гомеостаза, принадлежит нервной системе.

1.1. Функции и строение нервной системы

Нервная система обеспечивает целостность организма, сохранение постоянства внутренней его среды, согласованность деятельности органов, тканей и систем, регулирует все функции организма в его постоянном взаимодействии с внешней средой.

Основными функциями нервной системы являются восприятие действующих на организм раздражителей, их анализ и организация соответствующих ответных реакций через мышцы, железы, сердечно-сосудистую и другие системы, приспособляющих организм при изменении состояния окружающей среды.

Нервную систему образуют головной мозг, спинной мозг, спинномозговые и другие нервы, нервные узлы, нервные окончания.

По положению в теле нервную систему подразделяют на центральную и периферическую, по выполняемым функциям – на соматическую и вегетативную.

К *центральной нервной системе* относят спинной и головной мозг, к *периферической* – спинномозговые и черепные нервы (нервы, отходящие от спинного и головного мозга), нервные узлы, лежащие во всех отделах тела человека, нервные окончания.

Соматическая нервная система организует функции опорно-двигательного аппарата, кожи, осуществляет восприятие внешних раздражений, управляет произвольными движениями.

Вегетативная нервная система осуществляет *иннервацию* (связь) всех органов, тканей, сосудов, желез тела человека с центральной нервной системой, регулирует обмен веществ.

Структурной и функциональной единицей нервной системы является *нейрон* – нервная клетка (рис. 1). Нервные клетки, которые равномерно распределены во всех органах и тканях организма, способны воспринимать раздражения, приходить в состояние возбуждения, вырабатывать и передавать нервные импульсы.

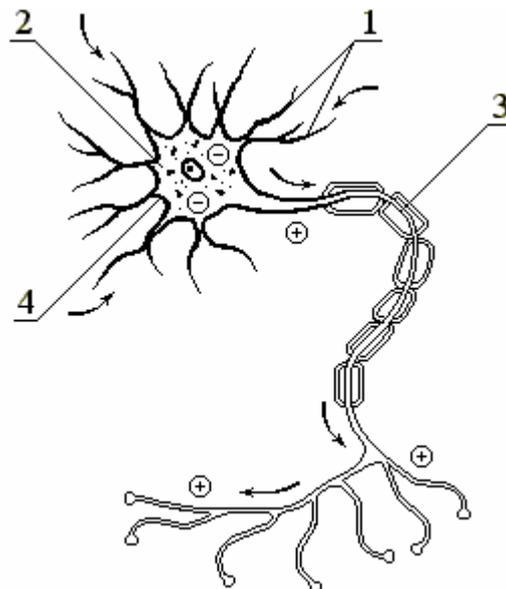


Рис.1. Строение нервной клетки (нейрона)

Нервные клетки имеют несколько коротких, ветвящихся отростков 1 – *дендритов*, по которым нервные импульсы поступают в тело клетки 2, и один длинный отросток 3 – *аксон*, по которому импульсы идут от тела данной клетки к дендриту другой нервной клетки.

В зависимости от функции нервные клетки делят на рецепторные (чувствительные), эфферентные (выносящие) и ассоциативные (вставочные).

Рецепторные нейроны – рецепторы – это специализированные нервные клетки, обладающие избирательной чувствительностью к восприятию определенных раздражений (механических, световых, звуковых, химических, температурных и т.д.).

Эфферентные нейроны (двигательные, секреторные) проводят нервные импульсы от мозга к исполнительным органам (мышцам, железам).

Вставочные нейроны осуществляют связь между чувствительными и двигательными нейронами, участвуют в формировании нейронных цепей.

Классификация и свойства рецепторов. Рецепторы, которыми начинаются все сенсорные системы: зрительная, слуховая, обонятельная и т. д., воспринимают раздражения, действующие на организм извне или возникающие в нем самом, участвуют в образовании нервных импульсов и проведении этих импульсов в мозг. Часть из них (*экстрорецепторы*) предназначена для восприятия действия факторов окружающей среды, другая часть (*интерорецепторы*) воспринимает изменения внутренней среды организма. *Проприорецепторы* отвечают на раздражители, связанные с положением и движением частей тела и сокращением мышц.

Все рецепторы обладают высокой возбудимостью. Они способны воспринимать самые незначительные раздражения. Рецепторы строго специализированы. Каждый рецептор реагирует только на соответствующие специфические для него воздействия.

Фоторецепторы сетчатки глаза воспринимают электромагнитные волны видимого диапазона. *Фонорецепторы* уха воспринимают механические колебания воздуха опосредованно через системы внутреннего уха. *Тактильные рецепторы* – это рецепторы осязания. *Баро- и осморорецепторы* сосудов воспринимают изменения гидростатического и осмотического давления крови. *Рецепторы вестибулярного аппарата* воспринимают изменения положения головы и тела относительно вектора гравитации. *Проприорецепторы* мышц и сухожилий воспринимают изменение напряжения мышц и положения частей тела относительно друг друга. *Хеморецепторы* реагируют на химические вещества. *Терморецепторы* реагируют на изменение температуры. *Болевые рецепторы* реагируют на травмирующее действие различной природы – механическое, химическое, температурное и др.

Таким образом, классификацию рецепторов можно представить в виде следующей схемы (рис. 2):

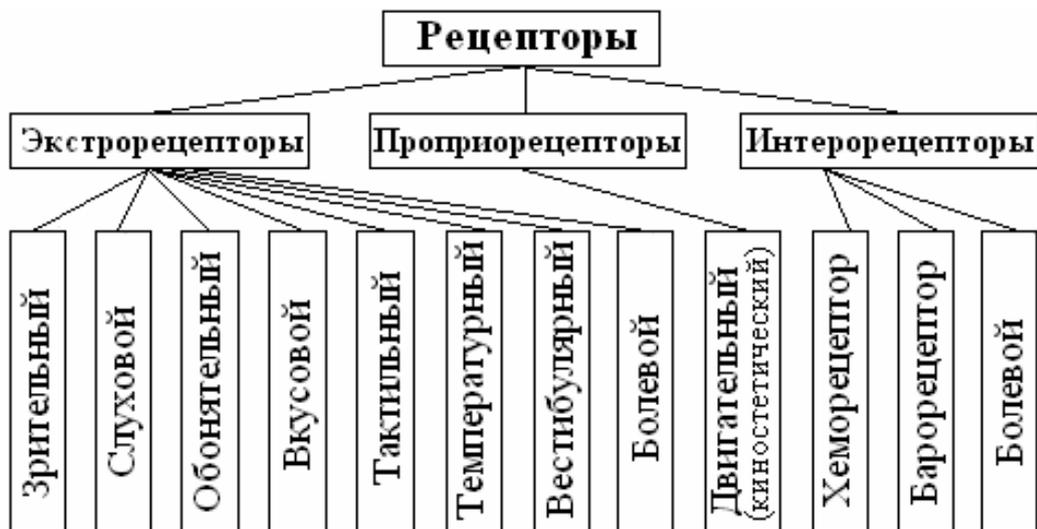


Рис. 2. Классификация рецепторов по характеру раздражителей

Проведение возбуждения в нервной системе. Раздражение рецепторов трансформируется в них в нервные импульсы или волны возбуждения.

Место передачи нервного возбуждения (рис. 3) с аксона 1 одной нервной клетки на дендрит 3 другой нервной клетки или с нервной клетки на мышечную или железистую, называется *синапсом*.

При возбуждении под влиянием нервного импульса в синапсе образуются химически активные вещества – *медиаторы* 3 (ацетилхолин, норадреналин и др.), увеличивающие проницаемость мембраны 4.

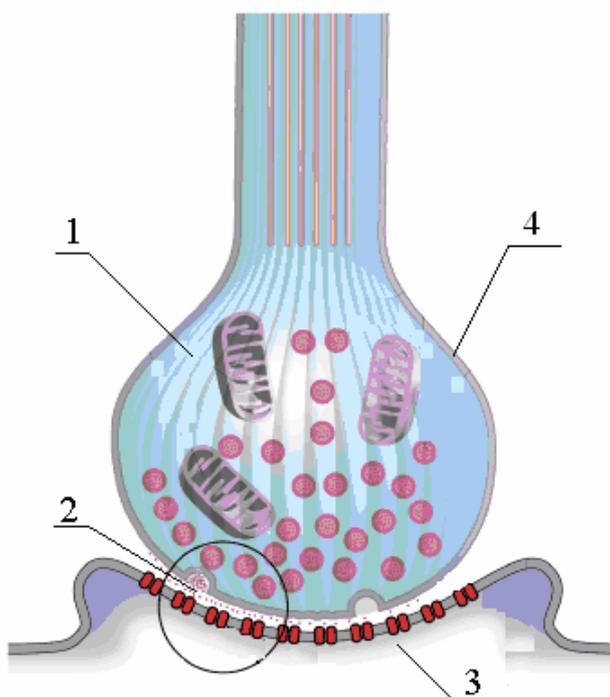


Рис. 3. Строение синапса:

1 – аксон; 2 – медиаторы; 3 – дендрит; 4 – мембрана

У нервных клеток мембрана в покое имеет различный электрический заряд (потенциал) на наружной и внутренней поверхностях. При этом внутренняя поверхность заряжена отрицательно, а наружная — положительно. В нейроне в состоянии покоя разность потенциалов между двумя поверхностями мембраны называют *мембранным потенциалом* или *потенциалом покоя*. Его величина составляет 70 мВ.

Мембранный потенциал зависит от разной концентрации ионов K^+ , Na^+ , Cl^- снаружи и внутри клеток. Разная концентрация ионов может поддерживаться за счет избирательной проницаемости мембраны и механизмами транспорта. Установлено, что в состоянии покоя мембрана нервных клеток наиболее проницаема для ионов K^+ и очень мало проницаема для ионов Na^+ . В силу разности концентраций ионы K^+ выходят на наружную поверхность клеточной мембраны, вынося положительный заряд.

Если возбудимую клетку (нейрон) подвергнуть действию достаточно сильного раздражителя (механического, химического, электрического), то в ответ на него ионы Na^+ сначала медленно, а затем лавинообразно устремляются внутрь клетки, неся с собой положительный заряд. Происходит перезарядка мембраны: ее внутренняя поверхность приобретает положительный заряд, а наружная – отрицательный. При перезарядке мембраны возникает *потенциал действия* – нервный импульс.

Повышение проницаемости мембраны для ионов Na^+ длится очень недолго, поэтому длительность потенциала действия измеряется тысячными долями секунды (миллисекундами). Потенциал действия, возникая в возбужденном участке мембраны (он электроотрицателен по отношению к участку, находящемуся в невозбужденном состоянии), становится раздражителем для соседнего участка. Такой механизм обеспечивает продольное распространение нервных импульсов (волны возбуждения) от клетки к клетке.

Процесс возбуждения сопровождается возникновением *биотоков* и передается по *нервному волокну* – отросткам нейронов, покрытым оболочкой. Основными свойствами нервных волокон являются возбудимость и проводимость, т. е. возможность проводить полученное возбуждение.

Различают два вида нервных волокон – афферентные и эфферентные. По *афферентным волокнам* возбуждение передается от периферических тканей и органов тела в центральную нервную систему; по *эфферентным* – от центральной нервной системы к периферии.

Проведение возбуждения осуществляется строго изолировано по одному нервному волокну и не переходит на другие волокна. Скорость проведения возбуждения по нервному волокну у человека варьирует от 1 до 120 м/сек.

Проведение возбуждения по волокну возможно только в случае его анатомической целостности и нормального физиологического состояния. Возбуждение не проводится также при сдавливании, прекращении кровоснабжения, при сильном охлаждении, отравлении ядами или наркотиками.

Совокупности нервных волокон образуют *нервы*, связывающие мозг и нервные узлы с другими органами и тканями тела. Нервы формируют нервную систему, главной функцией которой является направленная передача возбуждения и оценка содержащейся в нем информации для управления жизнедеятельностью организма. Реализуются функции нервной системы через рефлексы различной степени сложности.

Рефлекс — это ответная реакция организма на раздражение рецепторов из внешней или внутренней среды, осуществляемая с участием центральной нервной системы.

В основе всякого рефлекса лежит деятельность системы соединенных друг с другом нейронов, образующих так называемую рефлекторную дугу. Пример такой дуги приведен на рис. 4.

Рефлекторная дуга состоит из четырех элементов: рецептора 1, воспри-

нимающего внешнее или внутреннее воздействие и в ответ на него образующего нервный импульс; афферентного нервного волокна 3, по которому нервный импульс (возбуждение) передается от рецептора в центральную нервную систему, вставочных нейронов и синапсов, которые передают нервный импульс к эффекторным нейронам; эффекторных нервных волокон, по которым нервный импульс проводится к исполнительному органу (мышце или железе) 4; нервного окончания – эффектора, передающего нервный импульс клеткам или волокнам исполнительного органа 2, деятельность которого в результате рефлекса изменяется.

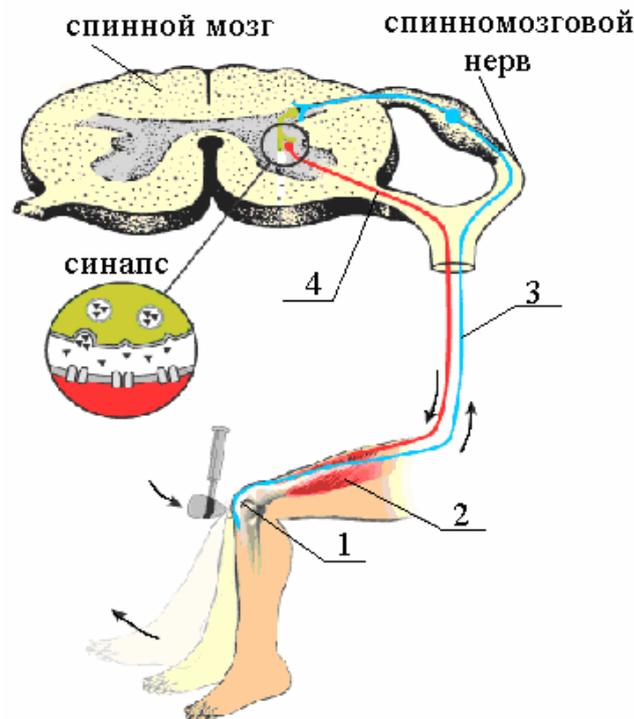


Рис. 4. Схема рефлекторной дуги:

1 – кожа (рецептор); 2 – скелетная мышца; 3 – чувствительный нерв;
4 – двигательный нерв

Обязательным условием осуществления рефлекса является целостность всех элементов рефлекторной дуги.

1.1.1. Центральная нервная система

Любой вид деятельности представляет собой чрезвычайно сложный комплекс физиологических процессов, в которых главную роль играет центральная нервная система (ЦНС), осуществляющая координацию всех физиологических сдвигов при выполнении того или иного труда. Как было сказано выше, ЦНС включает спинной и головной мозг.

Спинной мозг. Спинной мозг представляет собой длинный тяж цилиндрической формы. Он расположен в позвоночном канале. Вверху спинной мозг переходит в продолговатый мозг, а внизу заканчивается на уровне двух

первых поясничных позвонков. Средняя длина спинного мозга у мужчин – 45 см, у женщин 41 – 42 см, масса 34 – 38 г.

Спинной мозг выполняет две важные функции: рефлекторную и проводниковую. Рефлекторная деятельность спинного мозга разнообразна и осуществляется каждым из 31 его сегмента. В шейных сегментах расположены центры рефлекторных движений верхней части тела; в грудных сегментах – центры мышц туловища; в поясничных и крестцовых сегментах – центры мышц бедренной области и нижних конечностей.

При повреждении спинного мозга вследствие ранения, сдавливания или разрыва возникают нарушения указанных выше функций соответственно иннервируемых участков тела — параличи, отсутствие рефлексов, нарушение проводимости и др.

Рефлекторная деятельность спинного мозга находится под контролем коры больших полушарий и других отделов головного мозга, вследствие чего становится возможным произвольное регулирование некоторых функций организма.

Спинной мозг выполняет также проводниковую функцию. Нервные импульсы, приходящие в спинной мозг с периферии, по восходящим путям передаются в клетки головного мозга. По нисходящим путям импульсы от головного мозга идут к конечным эфферентным нейронам спинного мозга.

Головной мозг. Головной мозг (рис. 5) расположен в полости черепа, его масса у взрослого человека 1400 – 1450 г.

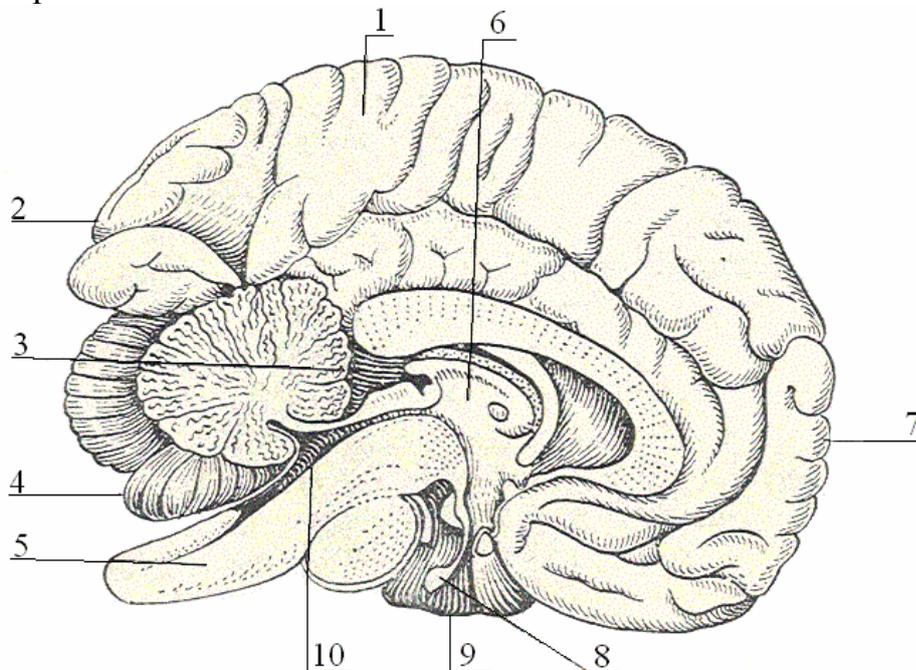


Рис. 5. Головной мозг человека:

- 1 – теменная доля; 2 – затылочная доля; 3 – эпифиз; 4 – мозжечок;
 5 – продолговатый мозг; 6 – таламус; 7 – лобная доля; 8 – гипофиз;
 9 – височная доля; 10 – средний мозг

В головном мозге различают 5 отделов: *конечный мозг* или большие полушария; *промежуточный мозг*; *средний мозг*, включающий четверохолмие; *задний мозг*, к которому относится мозжечок; *продолговатый мозг*.

В продолговатом мозге располагаются центры многих рефлексов. Через восходящие пути спинного мозга продолговатый мозг получает импульсы от всех рецепторов туловища и конечностей. Здесь находится ряд жизненно важных центров, осуществляющих рефлекторные акты: автоматически работающий дыхательный центр, центр сердечной деятельности, сосудодвигательный центр, центр регуляции обмена веществ.

Через продолговатый мозг осуществляются также защитные рефлексы (мигание, слезоотделение, чихание, кашель), рефлексы глотания, отделение пищеварительных соков.

Помимо рефлекторной функции продолговатый мозг выполняет важную проводниковую функцию, через него замыкаются пути, соединяющие центры больших полушарий, мозжечка и промежуточного мозга со спинным мозгом. Малейшее повреждение промежуточного мозга представляет большую опасность и может вызвать смерть вследствие прекращения дыхания и остановки сердца.

Мозжечок связан со спинным и продолговатым мозгом и вышележащими отделами головного мозга. К нему идут пути, проводящие нервные импульсы от рецепторов мышц, сухожилий, связочного аппарата, от вестибулярного аппарата, от коры больших полушарий. Функции мозжечка сложны: он участвует в регуляции двигательной деятельности организма, дыхания, пищеварения, сердечно-сосудистой деятельности, терморегуляции.

У человека при повреждении мозжечка наступает расстройство движений, это проявляется в нарушении согласованности сокращения различных групп мышц. Действия, требующие тонкой координации движений, оказываются невыполнимыми. Такое состояние называют *атаксией* (беспорядок). Человек теряет способность нормально ходить (*абазия*) и стоять (*астазия*). Резко снижается сила мышечных сокращений, нарушается тонус мышц.

Средний мозг состоит из двух ножек мозга и пластинки четверохолмия. В среднем мозге расположены центры ориентировочных рефлексов, возникающих в ответ на зрительные и звуковые раздражения. Они проявляются в повороте головы и туловища в сторону раздражителя.

Над средним мозгом расположен промежуточный мозг. В нем выделяют 4 части: зрительные бугры (таламус), подбугорную область (гипоталамус), надбугорную и забугорную области.

Таламус играет роль центра переключения нервных импульсов, поступающих к нему из спинного мозга и низших отделов головного мозга. Таламус регулирует и координирует внешние проявления эмоций.

В гипоталамусе находятся высшие центры вегетативной нервной системы, регулирующие температуру тела, давление крови, водный баланс, угле-

водный и жировой обмен.

Надбугорная область связана с восприятием обонятельных раздражений, а забугорная – с регуляцией зрения и слуха.

Конечный мозг представлен большими полушариями. Кора больших полушарий является высшим отделом ЦНС и состоит из слоя серого вещества толщиной 2 – 3 мм. Она содержит около 14 млрд. нервных клеток. Благодаря многочисленным бороздам и извилинам площадь поверхности коры достигает 2 м².

Для коры головного мозга характерны высокая скорость обмена и высокий уровень окислительных процессов. При относительно небольшом весе (всего 2 % от веса тела) кора потребляет около 18 % кислорода, поступающего в организм. Кортиковые клетки чувствительны к изменению постоянства внутренней среды (гомеостаза), особенно к содержанию кислорода в крови, поэтому даже кратковременное прекращение кровообращения (на несколько секунд) приводит к потере сознания, а через 5 – 6 минут мозг погибает.

Одной из важнейших функций коры больших полушарий является аналитическая. Академик И.П. Павлов рассматривал кору, прежде всего, как сложную систему корковых концов *анализаторов*, в которых происходит анализ действующих на организм раздражителей и синтез ответных реакций. В связи с этим кора больших полушарий является высшим органом координации рефлекторной деятельности.

Благодаря способности к выработке временных связей кора больших полушарий представляет собой орган приобретения и накопления индивидуального жизненного опыта. Процессы, протекающие в коре головного мозга человека, являются физиологической основой сознания, восприятия, памяти, мышления, воли.

Высшая нервная деятельность. Деятельность коры больших полушарий, как и других отделов нервной системы, имеет рефлекторный характер.

Существуют два вида рефлексов – безусловные и условные.

Безусловные рефлексы — это унаследованные от предков, врожденные рефлекторные реакции, приобретенные в результате эволюционного развития. Они носят название инстинктов и протекают по врожденной рефлекторной дуге. Основными безусловными рефлексами являются сосательный, пищевой, оборонительный, половой.

Безусловные рефлексы, возникающие при действии раздражителей внешней и внутренней среды, имеют огромное значение для регуляции таких функций, как кровообращение, дыхание, пищеварение, обмен веществ, выделение, терморегуляция и др., но их недостаточно для того, чтобы обеспечить приспособление организма к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

В процессе индивидуального развития человека вырабатываются условные рефлексы. *Условные рефлексы* – индивидуально приобретенные в про-

цессе жизнедеятельности реакции, содействующие и обеспечивающие приспособление данного организма к изменяющимся условиям окружающей среды. Условные рефлексы носят временный характер, могут исчезать, если необходимость в них отпадает, и снова появляться в ответ на новые раздражения.

Понятие об условных рефлексах лежит в основе учения И.П. Павлова о первой и второй сигнальных системах.

Сигналами называются все раздражители (звук, свет, давление, химические вещества, предметы, компоненты пищи и другие факторы окружающей среды), воздействующие на рецепторы (органы чувств человека) и вызывающие те или иные рефлексы.

Деятельность коры, связанную с восприятием непосредственных раздражителей из внешней среды, называют *первой сигнальной системой*. Раздражители первой сигнальной системы являются конкретными, каждый из которых воздействует только на определенные органы чувств.

В то же время у человека пусковым механизмом рефлексов могут быть не только непосредственные раздражители, но и их речевые обозначения, символы явлений. Деятельность коры, связанная с речью, называется *второй сигнальной системой*.

Особенностью второй сигнальной системы является отвлечение и обобщение раздражителей первой сигнальной системы. Вторая сигнальная система является всеобъемлющей, способной обобщить и заменить все раздражители первой сигнальной системы, она представляет собой физиологическую основу речи и мышления человека.

1.1.2. Вегетативная нервная система

Важную роль в приспособлении организма к меняющимся условиям среды выполняет также вегетативная нервная система. При изменении внешних условий возникающие в ЦНС тормозящие или возбуждающие импульсы через вегетативную нервную систему приспособляют работу внутренних органов к этим изменениям.

Вегетативная нервная система – это часть периферической нервной системы, регулирующая произвольную активность внутренних органов и обмен веществ. Так как функции вегетативной системы не подконтрольны нашему сознанию, то ее называют автономной.

В вегетативной нервной системе выделяют два функционально различных отдела: симпатический и парасимпатический.

Симпатическая нервная система – это часть вегетативной нервной системы, у которой второй промежуточный нейрон лежит в нервных узлах, расположенных вдоль позвоночника.

Парасимпатическая нервная система – часть вегетативной нервной системы, у которой второй промежуточный нейрон располагается непосредственно в иннервируемом органе.

Симпатическая нервная система регулирует деятельность всех тканей и органов нашего тела. Медиатором при передаче возбуждения с нервного волокна на иннервируемый орган является адреналин.

Парасимпатическая нервная система также регулирует деятельность почти всех тканей и органов, но симпатическая и парасимпатическая системы оказывают, как правило, противоположное воздействие на иннервируемые органы (см. табл. 1). Это позволяет организму быстро и точно регулировать деятельность внутренних органов, поддерживая гомеостаз.

Таблица 1

Действие симпатического и парасимпатического отделов периферической нервной системы на различные органы

Органы Отделы НС	Сердце	Сосуды	Желудок	Кишечник	Зрачок
Симпатический	Учащает и усиливает сокращения	Суживает	Ослабляет сокоотделение	Ослабляет перистальтику	Расширяет
Парасимпатический	Замедляет и ослабляет сокращения сердца	Расширяет	Усиливает сокоотделение	Усиливает перистальтику	Суживает

1.2. Значение и основные характеристики анализаторов

Целесообразная и безопасная деятельность человека основывается на постоянном получении и анализе информации о внешней среде и о своем внутреннем состоянии для своевременного приспособительного реагирования. Все раздражения, действующие на организм извне и возникающие в нем самом, человек воспринимает при помощи органов чувств, включающих органы зрения, слуха, гравитации, обоняния, вкуса, осязания.

Получение от органов чувств информации о состоянии и изменении внешней и внутренней среды и ее переработку осуществляют анализаторы.

Анализаторы – функциональные сенсорные системы, обеспечивающие качественный и количественный анализ воздействующих на организм раздражителей. В структуре каждого анализатора можно выделить три отдела:

периферический отдел – рецепторы, располагающиеся чаще всего в органах чувств, воспринимающие раздражения и преобразующие их в нервные импульсы;

проводниковый отдел – нервные пути, по которым нервные импульсы передаются в кору больших полушарий головного мозга;

центральный отдел (нервные центры) – это чувствительные зоны в коре головного мозга, преобразующие полученное раздражение в определенное ощущение.

В упрощенном виде схемы анализаторов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Схемы анализаторов

Наименование анализатора	Периферический отдел	Проводниковый отдел	Центральный отдел
Зрительный	Рецепторы сетчатки глаза – палочки, колбочки	Зрительный нерв, проводящие пути головного мозга	Участок коры головного мозга в затылочной доле
Слуховой	Рецепторы внутреннего уха – Кортиев орган	Слуховой нерв, проводящие пути головного мозга	Участок коры головного мозга в височной доле
Обонятельный	Рецепторы носа – обонятельные клетки, расположенные в верхней части слизистой оболочки носа	Обонятельный нерв, проводящие пути головного мозга	Участок коры головного мозга в височной доле
Вкусовой	Рецепторы, заложенные в сосочках слизистой оболочки языка	Вкусовой нерв, проводящие пути головного мозга	Участок коры головного мозга в височной доле
Кожный	Рецепторы кожи – тепловые, холодовые, болевые, тактильные	Чувствительные нервы, передающие возбуждение в ЦНС, проводящие пути спинного и головного мозга	Участок коры головного мозга в теменной доле
Двигательный	Рецепторы, расположенные в суставах, связках, мышцах	Чувствительные нервы, передающие возбуждение в ЦНС, проводящие пути спинного и головного мозга	Участок коры головного мозга в теменной доле

Основной характеристикой анализаторов является *чувствительность* – свойство живого организма воспринимать раздражения, обусловленные действием раздражителей из внешней или внутренней среды. Чувствительность характеризуется величиной *порога ощущения*. Различают абсолютный и дифференциальный пороги ощущения.

Абсолютный порог ощущения – это минимальная сила раздражения, при которой возникает ощущение.

Дифференциальный (разностный) порог ощущения – это минимальная величина, на которую нужно усилить раздражитель, чтобы получить минимальное изменение ощущения.

Опытами установлено, что величина ощущения изменяется медленнее, чем сила раздражителя. Согласно основному психофизическому закону Вебера-Фехнера интенсивность ощущения E пропорциональна логарифму силы раздражителя: $E = K \cdot \ln R$, где R – сила раздражителя; K – константа, определяемая данной сенсорной системой.

Для каждого анализатора характерна минимальная длительность воздей-

ствия раздражителя, необходимая для возникновения ощущения. Время от начала воздействия до появления ощущения, называют *латентным периодом*. Его величина для различных анализаторов составляет от 0,09 до 1,6 с.

1.2.1. Зрительный анализатор

Человек получает более 80 % всей информации о внешней среде благодаря освещению через зрительный анализатор. Под воздействием потока лучистой энергии возникают световые и цветовые ощущения, уровень которых зависит от яркости и освещенности рассматриваемых предметов, объектов, окружающих поверхностей.

Зрительный анализатор, как и любой другой анализатор, состоит из трех функциональных частей. Периферическую часть в зрительном анализаторе представляет собой важнейший из органов чувств – орган зрения – *глаз*. Глаз состоит из глазного яблока (рис. 6), имеющего почти шаровидную форму, глазодвигательных мышц, век, слезного аппарата.

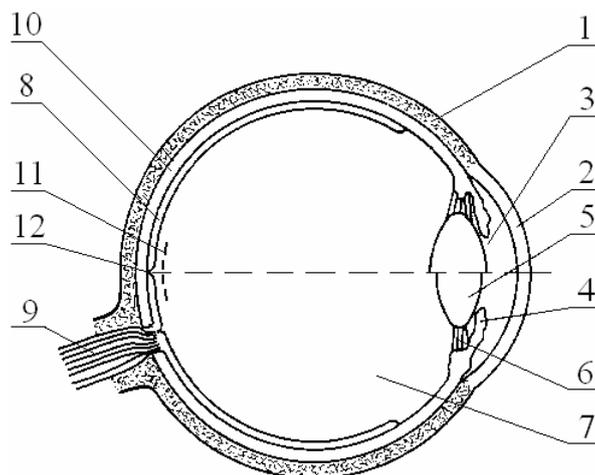


Рис. 6. Схема строения глаза человека:

1 – фиброзная оболочка; 2 – роговица; 3 – зрачок; 4 – радужная оболочка; 5 – хрусталик; 6 – цилиарная мышца; 7 – стекловидное тело; 8 – сетчатка; 9 – зрительный нерв; 10 – сосудистая оболочка; 11 – желтое пятно; 12 – центральная ямка

Свет попадает в глаз через прозрачную часть фиброзной оболочки 1 – *роговицу* 2, *зрачок* 3 – отверстие переменной величины в центре радужной оболочки 4; далее свет проходит через *хрусталик* 5, имеющий форму двояковыпуклой линзы, *стекловидное тело* 7 и затем попадает на светочувствительные фоторецепторные клетки *сетчатки* 8. Цилиарная мышца 6 регулирует кривизну поверхности хрусталика, обеспечивая способность глаза к аккомодации.

Аккомодация – приспособление к ясному видению предметов, находящихся на различных расстояниях от глаза. На рисунке нижняя часть хрусталика показана в состоянии покоя, верхняя – при аккомодации. Аккомодация включает два процесса, каждый из которых будет рассмотрен отдельно.

Рефлекторное изменение диаметра зрачка. При изменении интенсивности освещения рефлекторное сокращение кольцевых и радиальных мышц глаза изменяет диаметр (просвет) зрачка. Благодаря этому зрачок обладает способностью регулировать количество света, попадающего на сетчатку, предотвращая ее повреждение. Чем ярче свет, тем уже зрачок, тем меньше света попадает на сетчатку, и наоборот (рис. 7). Когда яркость уменьшается – зрачок увеличивается. Предельные размеры зрачка 2 и 8 мм можно наблюдать солнечным днем и темной ночью, соответственно.



Рис. 7. Реакция радужной оболочки (зрачка) на изменение освещенности

Дополнительное преимущество за счет сужения зрачка состоит в том, что увеличивается глубина резкости, и поэтому различия в расстоянии от объекта до глаза меньше сказываются на изображении.

Сетчатка образована огромным количеством светочувствительных клеток. Строение этих клеток и их работа во многом объясняют механизм зрительного восприятия света, в том числе механизм цветового зрения. Светочувствительные клетки сетчатки делятся на две группы. Из-за своей характерной формы эти клетки получили название *палочек* и *колбочек* (рис. 8).

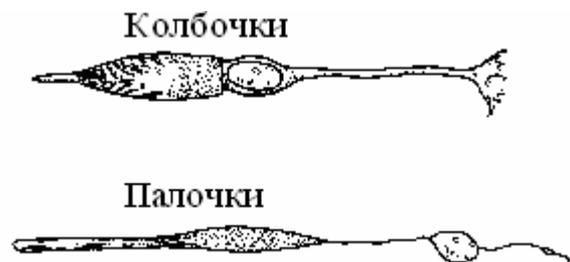


Рис. 8. Светочувствительные клетки сетчатки глаза

Палочки и колбочки плотно примыкают друг к другу удлинненными сторонами. Размеры их очень малы: длина палочек 0,06 мм, диаметр 0,002 мм, длина и диаметр колбочек 0,035 мм и 0,006 мм, соответственно. Сетчатка глаза человека содержит 125 млн палочек и 6,5 млн колбочек. Плотность размещения палочек и колбочек на различных участках сетчатки составляет

от 20 до 200 тысяч на квадратный миллиметр. При этом колбочки преобладают в центральной части сетчатки, палочки – на периферии. В центре сетчатки находится *желтое пятно* овальной формы (длиной 2 мм, шириной 0,8 мм). Желтое пятно 11 (см. рис. 6) является местом наилучшего видения. На этом участке сетчатки находятся почти одни колбочки.

Палочки и колбочки различаются между собой содержащимися в них светочувствительными веществами. Вещество палочек — *родопсин* (зрительный пурпур). Максимальное светопоглощение родопсина соответствует длине волны примерно 500 нм (зеленый свет). Поэтому палочки имеют максимальную чувствительность к излучению с длиной волны 500 нм.

Предполагают, что светочувствительное вещество колбочек (*йодопсин*) состоит из смеси трех веществ, каждое из которых имеет максимальное поглощение, а следовательно, и максимальную светочувствительность в коротко-, средне- и длинноволновой частях спектра.

Под действием света молекулы светочувствительных веществ диссоциируют (распадаются) на положительно и отрицательно заряженные ионы. Это вызывает импульс тока в нервном волокне, который распространяется по направлению к мозгу со скоростью до 100 м/с.

Реакции светового распада родопсина и йодопсина обратимы, т.е. через некоторое время после того, как под действием света они были разложены на ионы, происходит их восстановление в своей первоначальной чувствительной к свету форме. Чувствительность глаза пропорциональна концентрации светочувствительных веществ в первоначальной форме. Непрерывный цикл разрушения и последующего восстановления светочувствительных веществ обеспечивает нормальную работу глаза в течение продолжительного времени.

Чувствительность глаза к свету непостоянна. Она зависит от степени освещенности. Известно, что если перейти из ярко освещенной комнаты в темное помещение, то в начальный момент глаза ничего не различают. Постепенно чувствительность глаза повышается, так как уменьшается интенсивность распада светочувствительных веществ и способность глаза различать предметы восстанавливается. После длительного пребывания в темноте (около 1 часа) чувствительность глаза становится максимальной. Если теперь выйти на свет, то в первый момент глаза также перестают что-либо видеть: восстановление светочувствительных веществ отстает от очень интенсивного их распада. Через 1 – 2 минуты чувствительность глаза понижается и зрение восстанавливается. Свойство глаза приспособляться к уровню освещения, изменяя свою чувствительность, называется *адаптацией*.

Каждая светочувствительная клетка сетчатки или небольшая их группа соединены с отдельными нервными волокнами и могут рассматриваться как окончания этих волокон в глазу. Другой конец каждого нервного волокна находится в соответствующих "зрительных" участках головного мозга. При

выходе из глаза все нервные волокна собираются в единый пучок – зрительный нерв 9 (см. рис. 6), представляющий собой проводниковый отдел зрительного анализатора. Центральным отделом зрительного анализатора является четверохолмие среднего мозга, а также зрительная ассоциативная зона, располагающаяся в затылочной доле конечного мозга.

Преломление (рефракция) света. От объекта, удаленного на расстояние больше 6 м, в глаз поступают практически параллельные лучи света, тогда как лучи, идущие от более близких предметов, заметно расходятся. Чтобы получить четкое изображение предметов, находящихся на разном расстоянии от глаза, оптический аппарат глаза обладает способностью преломлять проходящие через него световые лучи, фокусируя их на сетчатке. Нормальный глаз способен точно фокусировать свет от объектов, находящихся на расстоянии от 25 см до бесконечности. Рефракция (преломление) света происходит при переходе его из одной среды в другую, имеющую иной коэффициент преломления, в частности на границе воздух – роговица, роговица – поверхность хрусталика. Роговица не обладает способностью изменять форму, поэтому рефракция на границе воздух – роговица зависит только от угла падения лучей света на роговицу. Угол падения в свою очередь зависит от удаленности предмета. Преломляющая сила хрусталика, фокусирующего световые лучи на сетчатке, изменяется в зависимости от кривизны его поверхности. Форма хрусталика регулируется за счет сокращения цилиарной мышцы. Так, при увеличении кривизны хрусталик становится более выпуклым и сильнее преломляет свет.

На сетчатке изображение получается перевернутым, но это не мешает правильному восприятию, так как все дело не в пространственном положении изображения на сетчатке, а в интерпретации его мозгом.

Основными физиологическими показателями зрительного анализатора являются контрастная чувствительность, острота зрения, поле зрения, скорость различения, устойчивость ясного видения, цветоразличение.

Контрастная чувствительность – способность зрительного анализатора различать предмет на фоне других. Для оценки функционального состояния зрительного анализатора используется показатель, называемый порогом контрастной чувствительности. *Порог контрастной чувствительности* – наименьшая воспринимаемая разность яркостей рассматриваемого объекта и фона (поверхности, прилегающей к объекту).

Острота зрения – это способность раздельного восприятия двух точек или объектов. При нормальной остроте зрения человек может различать объект с угловым размером 1 мин (минимальный угол зрения).

Скорость различения – способность зрительного анализатора различать детали объектов за минимальное время наблюдения.

Поле зрения состоит из центральной области бинокулярного зрения, обеспечивающей стереоскопичность восприятия. Границы поле зрения за-

висят от анатомических факторов: размера и формы носа, век, орбит и т. д. По горизонтали поле зрения охватывает $120 - 180^\circ$, по вертикали вверх – $55 - 60^\circ$ и вниз – $65 - 72^\circ$.

Устойчивость ясного видения – способность зрительного анализатора отчетливо различать объект в течение заданного времени. Чем продолжительнее период ясного видения, тем выше производительность зрительного анализатора.

Цветовосприятие (цветовое зрение) – способность зрительного анализатора различать цвета предметов. Возникновение того или иного цветового ощущения: от фиолетового до красных цветов зависит от длины волны видимого излучения. Нарушение цветового зрения – *дальтонизм* (цветовая слепота) – генетическая аномалия.

1.2.2. Слуховой анализатор

Слуховой анализатор включает в себя ухо, нервы и слуховые центры, расположенные в коре головного мозга. Человеческое ухо представляет собой орган слуха, в котором располагается периферический отдел слухового анализатора, содержащий механорецепторы, чувствительные к звукам, к силе тяжести и к перемещению в пространстве.

Большинство структур уха предназначены для восприятия, усиления и преобразования звуковой энергии в электрические импульсы, которые, поступая в слуховые зоны мозга, вызывают слуховое ощущение.

Орган слуха человека (рис. 9) включает наружное, среднее и внутреннее ухо. Наружное ухо состоит из ушной раковины 1, улавливающей и направляющей звуковые волны в наружный слуховой проход 2. Слуховой проход довольно широкий, но примерно в середине он значительно суживается. Это обстоятельство следует иметь в виду при извлечении из уха инородного тела. Кожа слухового прохода покрыта тонкими волосками. В просвет прохода открываются протоки желез, вырабатывающие ушную серу. Волоски и ушная сера выполняют защитную функцию – предохраняют слуховой проход от проникновения в него пыли, насекомых, микроорганизмов.

За слуховым проходом, на границе его со средним ухом находится тонкая упругая барабанная перепонка 3. За ней располагается полость среднего уха 4. Внутри этой полости имеются три слуховые косточки – молоточек 6, наковальня 7 и стремечко 8. Полость среднего уха сообщается с полостью рта через евстахиеву (слуховую) трубу 5. Евстахиева труба служит для выравнивания давления в полости среднего уха с наружным. Если возникает разность давлений, то нарушается острота слуха, а если разность давлений окажется очень большой, то может произойти разрыв барабанной перепонки. Чтобы этого не произошло, необходимо открыть рот и сделать несколько глотательных движений.

Во внутреннем ухе располагается спиралевидной формы улитка 9. Внутри в одном из каналов улитки, заполненных жидкостью, расположена

основная мембрана, на которой находится звуковоспринимающий аппарат – *кортиева орган*. Он состоит из 3 – 4 рядов рецепторных клеток, общее число которых достигает 24000.

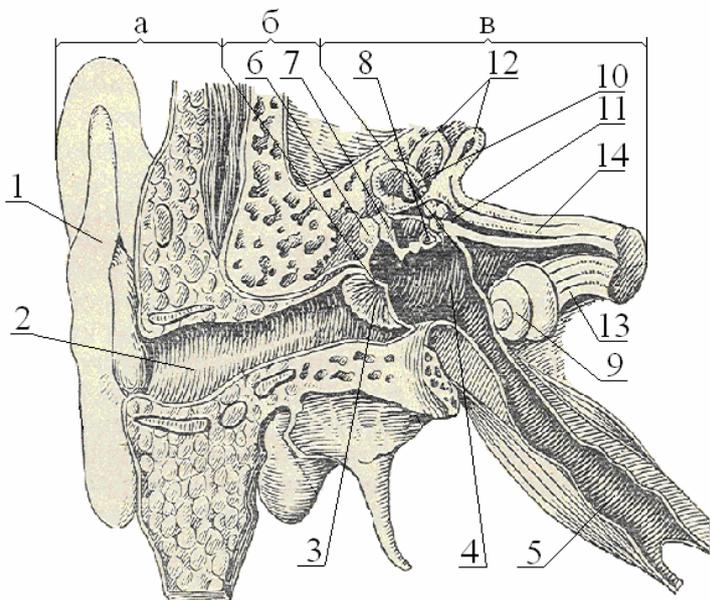


Рис. 9. Орган слуха человека:

а – наружное ухо; б – среднее ухо; в – внутреннее ухо; 1 – ушная раковина; 2 – наружный слуховой проход; 3 – барабанная перепонка; 4 – полость среднего уха; 5 – евстахиева труба; 6 – молоточек; 7 – наковальня; 8 – стремечко; 9 – улитка; 10 – вестибулярный аппарат; 11 – преддверие; 12 – полукружные каналы; 13 – слуховой нерв; 14 – нерв преддверия

Звуковые волны, улавливаемые ушной раковиной, вызывают колебания барабанной перепонки и затем через систему слуховых косточек и возникающих в улитке колебаний жидкости передаются воспринимающим фonoрецепторным клеткам *кортиева органа*, вызывая их раздражение. Слуховое раздражение, преобразованное в нервное возбуждение (нервный импульс), по слуховому нерву 13 попадает в кору головного мозга, где происходит высший анализ звуков – возникают слуховые ощущения.

Одна из основных характеристик слуха заключается в восприятии звуков *определенного диапазона частот*. Ухо человека способно слышать звуки с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц.

Важной характеристикой слуха является *острота слуха* или *чувствительность слуха*. Чувствительность слуха можно оценивать абсолютным пороговым звуковым давлением (Па), вызывающим слуховое ощущение. Минимальное звуковое давление, которое воспринимается ухом человека, называется *порогом слышимости*. Величина порога слышимости зависит от частоты звука. На практике для удобства оценки восприятия звуков принято использовать относительную величину: уровень звукового давления, измеряемый в децибелах (дБ). Порог слышимости на частоте 1000 Гц, принятой в качестве стандартной частоты сравнения в акустике, примерно соответст-

вует порогу чувствительности уха человека и равен 0 дБ.

При высоких уровнях звукового давления (120 – 130 дБ) возможно появление неприятного ощущения, а затем и боли в органах слуха. Наименьшая величина звукового давления, при которой возникают болевые ощущения, называется *порогом болевого ощущения*. В диапазоне слышимых частот этот порог больше порога слышимости в среднем на 80 – 100 дБ.

Существенной характеристикой слуха является способность дифференцировать звуки различной интенсивности по ощущению их громкости. Минимальная величина ощущаемого различия звуков по их интенсивности называется *дифференциальным порогом восприятия* силы звука. Для звуков средней части звукового спектра эта величина составляет около 0,7 – 1,0 дБ.

Поскольку слух является средством общения людей, особое значение в его оценке имеет способность восприятия речи или речевой слух. Особенно важно в оценке слуха сопоставление показателей речевого и тонального слуха, что дает представление о состоянии различных отделов слухового анализатора. Большое значение имеет функция пространственного слуха, заключающаяся в определении положения и перемещения источника звука.

1.2.3. Вестибулярный анализатор

Вестибулярный анализатор передает в ЦНС информацию о положении тела в пространстве. Возникающие благодаря этому рефлексy способствуют сохранению равновесия тела.

Вестибулярный анализатор состоит из механорецепторов, проводниковой части – вестибулярного нерва, который в составе слухового нерва проходит в продолговатый мозг, и мозжечка, регулирующего деятельность анализатора. Механорецепторы анализатора расположены в полости внутреннего уха: в преддверии 11 (см. рис. 9) и полукружных каналах 3 (рис. 10).

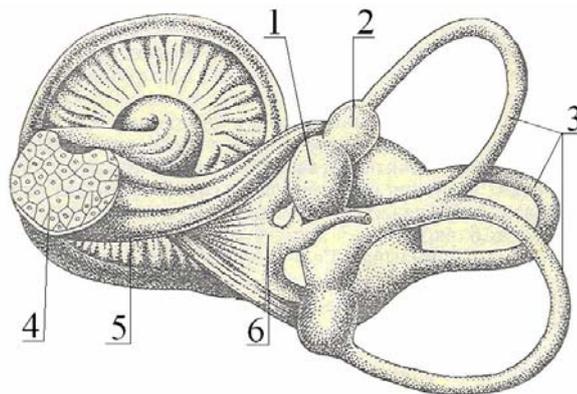


Рис. 10. Рецепторы вестибулярного анализатора:
1 – овальный мешочек; 2 – ампула; 3 – полукружные каналы;
4 – слуховой нерв; 5 – улитка; 6 – круглый мешочек

В преддверии имеются две полости, заполненные *эндолимфой*. В них расположено специальное чувствительное образование – *отолитовый ап-*

парат. Он состоит из рецепторных волосковых клеток и *отолитовой мембраны*. Отолитовый аппарат реагирует на изменения положения головы.

При обычном положении головы отолитовая мембрана действует с определенной силой и в определенном направлении на волосковые клетки. При изменении положения головы сила и направление действия мембраны на волосковые клетки меняются, что служит сигналом изменения положения головы или тела в пространстве. В ответ происходит рефлекторное изменение тонуса различных групп мышц, возвращающих голову в нормальное положение.

Рецепторы полукружных каналов реагируют на вращательное движение головы. Три полукружных канала расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Они заполнены эндолимфой. Конец каждого канала около места соединения с преддверием образует расширение – ампулу. В ампулах расположены специальные рецепторные клетки, снабженные пучком волосков. Каждый пучок (50 – 80 волосков) покрыт желеобразным колпачком – *купулой*. Повороты и наклоны головы вызывают движение эндолимфы в полукружных каналах. В свою очередь, движение эндолимфы смещает купулу, что вызывает возбуждение рецепторов.

Возбуждение рецепторов вестибулярного анализатора сопровождается целым рядом рефлекторных реакций: изменяется частота сердечных сокращений, усиливается деятельность кишечника и желудка, возникает головокружение, нарушается ориентировка.

Перевозбуждение вестибулярного анализатора (например, в результате воздействия вибрации) ухудшает мышечную координацию, снижает чувство равновесия, вызывает нарушение работы сердца и легких, возникает пототделение, тошнота. В этом состоянии ослабевает способность различать цвета, причем особенно ухудшается восприятие красного цвета.

1.2.4. Кожный анализатор

Одной из важнейших функций кожи является рецепторная функция. В коже заложено огромное количество рецепторов, воспринимающих различные внешние раздражения: боль, тепло, холод, прикосновение. На 1 см² кожи располагается приблизительно 200 болевых, 20 холодных, 5 тепловых и 25 воспринимающих давление рецепторов, которые представляют собой периферический отдел кожного анализатора.

Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в частности рефлекс удаления от раздражителя. Болевая чувствительность, являясь сигналом, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность.

Механические воздействия на кожные покровы не вызывающие боли воспринимаются тактильным анализатором. Тактильная чувствительность является составной частью осязания. Чувствительность кожи различных

участков тела к воздействию тактильных раздражителей различна, т.е. они имеют разные пороги тактильной чувствительности, например, минимальный порог ощущения для кончиков пальцев кистей рук – 3 мг/мм², тыльной стороны кисти – 12 мг/мм², для кожи в области пятки – 250 мг/мм².

Тактильная чувствительность совместно с другими видами чувствительности кожи может в некоторой степени компенсировать отсутствие или недостаточность функции других органов чувств.

Температурная чувствительность кожи обеспечивается холодowymi терморепцепторами с максимумом восприятия температуры 25 – 30 °С и тепловыми – с максимумом восприятия 40 °С.

Наибольшая плотность терморепцепторов в коже лица, меньше их в коже туловища, еще меньше в коже конечностей. Передавая информацию об изменениях температуры окружающей среды, терморепцепторы играют важнейшую роль в процессах терморегуляции, обеспечивающих постоянство температуры тела.

1.2.5. Двигательный анализатор

Двигательный или кинестетический анализатор – это физиологическая система, передающая и обрабатывающая информацию от рецепторов скелетно-мышечного аппарата, а также участвующая в организации и осуществлении координированных движений. Двигательная активность способствует адаптации организма человека к изменениям окружающей среды (климата, временных поясов, условий труда и т. д.).

Различные виды движений характеризуются динамикой физиологических процессов, которая при их оптимизации обеспечивает наилучшее сохранение жизнедеятельности организма.

Чрезмерная мобилизация функциональной активности, не обеспечиваемая необходимым уровнем координации и активности восстановительных процессов в ходе работы и в течение длительного времени после ее окончания, характеризуется как *гипердинамиа*. Это состояние возникает при чрезмерном занятии спортом или тяжелым физическим трудом, при длительных эмоциональных стрессах. Гипердинамиа развивается в результате неадекватной для функционального состояния организма мобилизации функций нервно-мышечной, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем и может сопровождаться рядом болезненных симптомов.

Малая двигательная активность является причиной *гиподинамии*. Это состояние характеризуется снижением деятельности всех органов, систем и расстройством взаимосвязи в организме, нарушается обмен веществ, снижается надежность и устойчивость организма человека при значительных функциональных нагрузках и действии неблагоприятных факторов окружающей среды.

Таким образом, все это позволяет говорить о двигательной активности человека как о процессе, во многом способствующем сохранению его здо-

ровья и трудовой активности.

1.2.6. Обонятельный анализатор

Вид чувствительности, направленный на восприятие различных пахучих веществ с помощью обонятельного анализатора, называется *обонянием*.

Обоняние имеет большое значение в обеспечении безопасности, так как люди с нарушением обоняния чаще подвергаются риску отравления.

Для многих пахучих веществ определен *порог восприятия*, т.е. минимальная величина концентрации вещества, способная вызвать реакцию органа обоняния.

Основными характеристиками органа обоняния являются:

абсолютный порог восприятия – концентрация вещества, при которой человек ощущает запах, но не узнает его (даже для знакомых запахов);

порог узнавания – минимальная концентрация вещества, при которой запах не только ощущается, но и узнается.

Разница между порогом восприятия и порогом узнавания для большинства веществ составляет один порядок: 10 – 100 мг/м³.

Запахи по их характеру называются приятными, неприятными, скверными, неопределенными, отвратительными, удушливыми и др.; по интенсивности их делят на слабые, умеренные, выраженные, сильные и очень сильные; по раздражающему действию – на нераздражающие, слабораздражающие, невыносимые.

Изменения обоняния могут протекать по типу:

гипосмия – снижение остроты обоняния, при этом порог восприятия запаха возрастает;

аносмия – потеря восприятия запахов;

гиперосмия и *оксиосмия* – обострение обоняния, при этом порог восприятия запаха снижается.

Гипосмия может быть полной или частичной. Профессиональная гипосмия может быть функциональной (адаптация к запаху, утомление органов обоняния), токсической (после вдыхания свинца, ртути, хлора и др.), респираторной (после вдыхания пыли), воспалительной, постинфекционной, посттравматической.

Изменения обоняния могут быть как периферического, так и центрального происхождения, в зависимости от того, какое звено обонятельного анализатора повреждено.

1.3. Иммуитет

Иммуитет – это невосприимчивость организма к инфекционным заболеваниям, а также к агентам и веществам, обладающим чужеродными для организма, антигенными свойствами.

Иммунные реакции носят защитный, приспособительный характер и направлены на освобождение организма от чужеродных антигенов, посту-

пающих в него извне и нарушающих постоянство его внутренней среды.

Различают иммунитет: врожденный и приобретенный.

Врожденный, видовой, наследственный или естественный иммунитет – это невосприимчивость одного вида животных или человека к заболеваниям другого вида. Например, люди невосприимчивы к чуме собак и крупного рогатого скота; у многих животных не удается вызвать заболевание корью и т. д. Иногда неблагоприятные факторы (например, воздействие низких температур) могут снизить естественный иммунитет к определенному виду микробов.

Приобретенный иммунитет может быть естественным и искусственным. В свою очередь, различают активно и пассивно приобретенный естественный и искусственный иммунитет.

Активно приобретенный естественный иммунитет возникает после перенесенного инфекционного заболевания. Это наиболее прочный, продолжительный иммунитет, который поддерживается иногда всю жизнь.

Активно приобретенный искусственный иммунитет возникает в результате вакцинации живыми ослабленными или убитыми вакцинами (микробными препаратами). Такой иммунитет человек приобретает через 1 – 2 недели после вакцинации, и он поддерживается относительно долго – годами и десятками лет.

Пассивно приобретенный естественный иммунитет – это иммунитет плода или новорожденного, который получает антитела от матери через плаценту или с грудным молоком. В связи с этим новорожденные в течение определенного времени остаются невосприимчивыми к некоторым инфекциям, например, к кори.

Пассивно приобретенный искусственный иммунитет создают путем введения в организм иммуноглобулинов, полученных от активно иммунизированных людей или животных. Такой иммунитет устанавливается быстро – через несколько часов после введения иммунной сыворотки или иммуноглобулина и сохраняется непродолжительное время – в течение 3 – 4 недель, т. к. организм стремится освободиться от чужеродной сыворотки.

Все виды иммунитета, связанные с образованием антител, носят название *специфического*, т. к. антитела действуют только против определенного вида микроорганизмов или токсинов.

К *неспецифическим* защитным механизмам в организме человека относятся: *лизоцим* – фермент в составе слизистой оболочки глаз, дыхательных путей и полости рта, разрушающий оболочки бактериальных клеток; реакция воспаления; бактерицидные свойства крови и тканевой жидкости; реакция *фагоцитоза* – активного захвата и поглощения посторонних частиц, в том числе бактерий, *фагоцитами* (некоторыми типами лейкоцитов и других клеток человека).

Раздел 2. Воздействие факторов окружающей и производственной среды на человека

2.1. Освещение и его гигиеническое значение

Необходимым фактором окружающей среды для человека является освещение и особенно солнечное – источник наиболее благоприятного дневного света и необходимого ультрафиолетового излучения. Свет через вегетативную нервную систему оказывает огромное влияние на функции всех систем и органов человека. Ограничение или лишение человека естественного света может привести к развитию патологического состояния, получившего название *светового голодания*. Следствием длительного светового голодания являются функциональные нарушения в деятельности ЦНС, авитаминоз, снижение интенсивности обмена веществ, ослабление защитных иммунобиологических реакций организма, его предрасположенность ко многим заболеваниям, в частности, простудного характера, обострение хронических заболеваний, особенно туберкулезного процесса в легких.

Свет выступает не только необходимым компонентом для нормального функционирования организма человека, но и обязательным фактором, обеспечивающим зрительное восприятие информации об окружающей среде. Более 80% всей информации из внешнего мира поступает в мозг человека через зрительный анализатор, испытывающий постоянную нагрузку.

Особое значение освещение имеет на предприятиях точного приборостроения, где одной из существенных особенностей условий труда является значительное зрительное напряжение при выполнении большинства технологических операций: изготовления деталей, сборки и настройки узлов и др.

Некачественное освещение производственных помещений не только затрудняет, но в некоторых случаях делает невозможным осуществление рабочих операций, снижает производительность и качество труда и может стать причиной профессиональных заболеваний, аварий, несчастных случаев. Анализ травматизма свидетельствует, что примерно 25 % всех несчастных случаев на производстве связаны с неудовлетворительным освещением.

Основной характеристикой для оценки освещения рабочих мест является *освещенность* – поверхностная плотность светового потока, падающего на освещаемую поверхность. Измеряется освещенность в люксах (лк).

Характеристикой, определяющей уровень светового ощущения, является *яркость*. Единица яркости: кандела на квадратный метр (кд/м²).

Установлено, что постоянная работа при недостаточном освещении, способствует развитию *миопии* (близорукости), вызывает повышенное зрительное напряжение и, как следствие, быстрое зрительное утомление. Зрительное утомление сказывается в нарушении функций зрительного анализатора: уменьшении контрастной чувствительности, скорости восприятия информации, устойчивости ясного видения, остроты зрения.

Большое значение для поддержания высокой работоспособности имеет равномерное распределение яркости в поле зрения работающих. Если в поле зрения находятся поверхности, значительно отличающиеся по яркости, то при переводе взгляда глаз вынужден постоянно адаптироваться, что ведет к быстрому утомлению зрения и снижению производительности труда.

Максимальная острота зрения наблюдается при яркости 500 кд/м^2 и более. Излишне яркий свет слепит, нарушает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы и снижению работоспособности. Воздействие чрезмерно яркого света (солнца, электрической дуги и др.) может вызывать ожоги, *кератит* (воспаление роговицы глаза), *катаракту* (помутнение хрусталика) и другие нарушения.

Учитывая высокие зрительные нагрузки и необходимость обеспечения безопасных условий труда, одним из основных гигиенических требований к производственным зданиям является устройство в них рационального естественного и искусственного освещения помещений и рабочих мест.

Наилучшие условия для работы зрительного анализатора создает естественное освещение. Естественный свет, проникая в помещение через световые проемы (окна, остекленные аэрационные фонари, верхние прозрачные перекрытия) и взаимодействуя с отраженным светом от стен, потолка, пола, оборудования, создает диффузное освещение помещения с относительно равномерным распределением яркости поверхностей, что оказывает положительный эффект не только на органы зрения, но и на общее состояние организма в целом. Естественное освещение успокаивает, тонизирует, повышает активность и работоспособность. В спектре естественного света присутствуют необходимые для нормальной жизнедеятельности организма человека ультрафиолетовые лучи.

В то же время освещенность в помещении, создаваемая естественным освещением, непостоянна и может оказаться недостаточной, так как в значительной мере зависит от времени суток и погодных условий. При недостаточном в светлое время суток естественном освещении, а также при работе в темное время суток применяют искусственное освещение.

Благоприятные условия работы зрительного анализатора при искусственном освещении обеспечиваются как соответствующей характеру зрительной работы величиной освещенности, так и качеством освещения.

Качество освещения оценивается наличием или отсутствием блескости и теней, равномерностью распределения яркости на рабочей поверхности и в пространстве, величиной пульсации освещенности, обусловленной изменением светового потока источников света (газоразрядных ламп), питающихся от электрической сети переменного тока.

Блескость – это повышенная яркость находящихся в поле зрения светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (*ослепленность*). При появлении в поле зрения таких поверхностей включаются

защитные механизмы зрительного анализатора (смыкаются веки, увеличивается слезоотделение), и в первое время человек ослеплен, он ничего не видит. Только через 1 – 2 минуты за счет *световой адаптации* (понижения световой чувствительности глаза) зрение восстанавливается. В производственных условиях ослепленность ведет к быстрому зрительному утомлению, снижению работоспособности и может стать причиной несчастных случаев.

Прямая блескость создается в основном источниками света (электрическими лампами) и *светильниками* – световыми приборами, состоящими из источника света и осветительной арматуры.

Способом защиты от прямой блескости является понижение яркости видимой части источников света за счет применения светильников с непрозрачной арматурой или с рассеивающими свет стеклами, а также размещение светильников общего освещения в зависимости от величины их защитного угла на минимально допустимой высоте (но не ниже 3 м от пола).

Защитный угол светильника – угол между горизонталью и линией, соединяющей край светящей нити лампы накаливания (поверхности люминесцентной лампы) с противоположным краем арматуры (рис. 11).

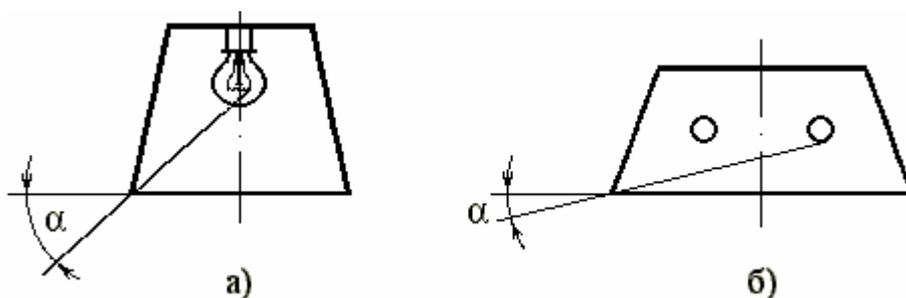


Рис. 11. Защитный угол светильника: а – с лампой накаливания; б – с люминесцентными лампами

Отраженная блескость создается рабочими поверхностями, обладающими большим коэффициентом отражения (полированные поверхности, шлифованные и т.п.). Отраженная блескость уменьшает контраст между деталью и фоном, может вызывать ослепленность, что ведет к быстрому зрительному утомлению. При наличии в поле зрения отраженной блескости работающие часто жалуются на головную боль, ощущение рези в глазах и т.д.

Нарушение функции цветовосприятия (цветового зрения) у человека может возникнуть под действием химических веществ или при приеме некоторых лекарственных препаратов. Например, прием *барбитуратов* – снотворных и успокаивающих средств вызывает временные дефекты в желто-зеленой части видимого спектра; *кокаин* повышает чувствительность к синему цвету и снижает к красному; *кофеин, кофе, кока-кола* ослабляет чувствительность к синему, усиливает красный цвет; *табак* вызывает дефекты цветовосприятия в красно-зеленой части спектра, особенно в красной.

2.2. Влияние показателей микроклимата на организм человека

Физическое и психическое состояние человека в процессе трудовой деятельности в значительной мере зависят от теплового состояния его организма, обусловленного микроклиматом помещения и тяжестью труда.

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Источниками теплового излучения, вызывающего в организме при поглощении лучистой энергии тепловой эффект, могут быть все нагретые предметы и поверхности, энергия излучения которых приходится на инфракрасную часть электромагнитного спектра (инфракрасное излучение).

Показателями, характеризующими микроклимат помещения, являются:

- а) температура воздуха, °С;
- б) относительная влажность воздуха, %;
- в) скорость движения воздуха, м/с;
- г) интенсивность теплового излучения, Вт/м².

Показатели микроклимата, в первую очередь температура воздуха и интенсивность теплового излучения, оказывают большое влияние на тепловое состояние, самочувствие и работоспособность человека.

В ходе постоянного теплообмена между человеком и окружающей средой, тепловое состояние его организма формируется в результате двух одновременно протекающих процессов: теплообразования и теплоотдачи.

Образование тепла в организме человека происходит за счет обмена веществ (окислительных экзотермических реакций) и сокращения мышц, а также поглощения тепла, получаемого из окружающей среды.

Отдача тепла организмом человека осуществляется в основном через поверхностные ткани. К наружному кожному покрову тепло, образующееся в организме, подводится благодаря теплопроводности тканей и за счет *конвекции* (перемещения) потока крови.

Передача тепла с поверхности тела человека в окружающую среду происходит тремя основными путями: *тепловым излучением* в направлении предметов и поверхностей, имеющих более низкую температуру, чем температура кожи (одежды) человека; *конвекцией* в результате обтекания поверхности кожи слоем воздуха; *испарением влаги*, выводимой на поверхность кожи потовыми железами.

Количество тепла, отдаваемого организмом путем теплового излучения, $Q_{\text{изл}}$ рассчитывается с помощью обобщенного закона Стефана – Больцмана:

$$Q_{\text{изл}} = k C_1 C_2 F (T_{\text{ч}}^4 - T_0^4),$$

где k – константа излучения абсолютно черного тела; C_1, C_2 – константы излучения тел, которые обмениваются теплом (тело человека и окружающие его предметы); F – площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м²;

$T_{\text{ч}}$, T_0 – средняя абсолютная температура открытой поверхности тела человека и средняя абсолютная температура окружающих поверхностей, К.

Теплоотдача путем конвекции $Q_{\text{конв}}$ определяется законом Ньютона:

$$Q_{\text{конв}} = \alpha_{\text{к}} F_{\text{э}} (t_{\text{ч}} - t_{\text{в}}),$$

где $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м² °С); $t_{\text{ч}}$ – температура поверхности тела человека, °С; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха, обтекающего тело человека, °С; $F_{\text{э}}$ – эффективная внешняя поверхность тела человека, м².

Потери тепла организмом при испарении пота с поверхности тела $Q_{\text{исп}}$ определяются уравнением:

$$Q_{\text{исп}} = \alpha_{\text{в}} WF (P_{\text{к}} - P_{\text{в}}),$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент потери тепла при испарении пота, ккал/(м²·мм рт ст), зависящий от скорости движения воздуха и свойств одежды; WF – часть поверхности тела, покрытая потом, м²; W – коэффициент увлажнения кожи; $P_{\text{к}}$ – парциальное давление водяного пара в насыщенном воздухе при температуре поверхности кожи, Па; $P_{\text{в}}$ – парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе, Па.

В процессе теплообмена с окружающей средой удельный вес теплоотдачи каждым из трех основных путей в общих тепловых потерях организмом зависит от величины тех или иных показателей микроклимата и вида деятельности человека. В состоянии покоя и нормальных метеорологических условиях тепловые потери излучением составляют в среднем 44 – 59 % всей теплоотдачи организмом, конвекцией – 14 – 33 %, испарением пота – 22 – 29 %.

При пониженной температуре воздуха и окружающих поверхностей удельный вес теплоотдачи конвекцией и тепловым излучением возрастает.

При повышенной температуре воздуха тепловые потери конвекцией и излучением значительно уменьшаются, но увеличиваются за счет испарения пота. В производственных помещениях с большими тепловыделениями (горячие цеха), а также в помещениях, где температура воздуха и ограждений, равна или выше температуры поверхности тела, теплоотдача излучением и конвекцией полностью теряет свое значение и единственным путем отвода тепла становится испарение пота. В этих случаях потери организмом влаги могут достигать 5 – 8 л в день (при нормальных условиях 0,5 – 1 л в сутки).

При температурах окружающей среды ниже температуры поверхности тела увеличению теплоотдачи конвекцией и испарением способствует повышение скорости движения воздуха.

При высокой температуре воздуха увеличение скорости его движения в отдельных случаях приводит к усилению тепловой нагрузки на организм за счет конвекции. При этом большое значение имеет как величина температуры и скорости движения воздуха, так и степень его влажности.

С повышением температуры воздуха влияние уровня его влажности возрастает. Увеличение содержания влаги в воздухе уменьшает физиологический дефицит его насыщения и тем самым ограничивает теплоотдачу испа-

рением пота. При низкой температуре воздуха повышенная влажность увеличивает теплоотдачу конвекцией и за счет интенсивного поглощения водяными парами энергии излучения человека.

Механизм терморегуляции. В производственных условиях количество образующегося в организме тепла $Q_{обр}$ и тепла, отдаваемого в окружающую среду, $Q_{отд}$ непостоянно и зависит не только от величины показателей микроклимата помещения, но и от тяжести труда.

При легкой физической работе в наиболее благоприятных (комфортных) метеорологических условиях в процессе теплообмена с окружающей средой устанавливается тепловой баланс ($Q_{обр} = Q_{отд}$), обеспечивающий нормальное тепловое состояние и оптимальный обмен веществ в организме человека, высокую работоспособность, максимальную производительность труда.

Уравнение теплового баланса можно представить следующей формулой:

$$Q_{обр} = Q_{исп} \pm Q_{изл} \pm Q_{конв}$$

Знаки + и – перед $Q_{изл}$ и $Q_{конв}$ свидетельствуют о том, что в процессе теплообмена организм человека путем теплового излучения и конвекции может не только отдавать, но и получать тепло из внешней среды.

Образование тепла и отдача его в количественном отношении не всегда оказываются равными друг другу. При длительном воздействии низкой температуры окружающего воздуха наблюдается охлаждение организма, нарушается тепловой баланс и организм начинает в единицу времени вырабатывать тепла больше, чем отдавать ($Q_{обр} > Q_{отд}$). В результате в организме происходит накопление тепла, и, как следствие, повышается температура тела (внутренних органов и тканей: мозга, печени, желудка, легких). При высокой температуре воздуха, напротив, наблюдается превышение теплоотдачи над теплообразованием ($Q_{обр} < Q_{отд}$) и температура тела понижается.

Изменяя соотношение процессов теплообразования и теплоотдачи в зависимости от температуры внешней среды, организм человека способен поддерживать температуру тела в пределах, необходимых для нормальной жизнедеятельности, за счет одного из основных механизмов приспособления – терморегуляции.

Терморегуляция – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих при изменении показателей микроклимата постоянство температуры тела человека в допустимых физиологических границах 36,4 – 37,5 °С. Этот диапазон температур наиболее благоприятен для протекания всех химических реакций в организме и деятельности головного мозга.

Система терморегуляции, основные компоненты которой представлены на рис. 12, состоит из терморцепторов (холодовых и тепловых), нервов и нервного центра, расположенного в гипоталамусе. Эффекторными органами служат эндокринные и потовые железы, скелетные мышцы, кожные кровеносные сосуды и т. д.

Терморегуляция осуществляется в основном тремя способами: биохимическим, физиологическим и поведенческим.

мическим путем; путем изменения интенсивности кровообращения; путем изменения интенсивности потоотделения.



Рис.12. Система регулирования температуры тела человека

Терморегуляция биохимическим путем заключается в изменении интенсивности обмена веществ (метаболических реакций).

Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения заключается в способности организма регулировать подачу крови, которая в данном случае является теплоносителем от внутренних органов к поверхности тела, за счет сужения или расширения кровеносных сосудов. При высокой температуре окружающей среды сосуды кожи расширяются, к коже притекает большое количество крови, и повышается температура поверхности тела, в результате увеличивается отдача тепла в окружающую среду. При низких температурах воздуха происходит сужение сосудов кожи, уменьшение притока крови к кожному покрову и, следовательно, меньше тепла отдается во внешнюю среду.

Терморегуляция путем изменения интенсивности потоотделения заключается в изменении интенсивности процесса испарения, зависящей от количества влаги, выделяемой организмом через потовые железы. Так при температуре воздуха + 18 °С и относительной его влажности 60 % количество теплоты, отдаваемой организмом человека в окружающую среду за счет испарения пота, составляет около 18 % общей теплоотдачи. При увеличении температуры воздуха до + 27 °С доля отдачи тепла путем испарения

возрастает до 30 % и при температуре воздуха 36,6 °С достигает 100 %.

Однако исследованиями установлено, что возможность сохранять температуру тела человека постоянной путем терморегуляции, даже осуществляемой одновременно всеми способами, ограничена.

При длительном пребывании в неблагоприятных метеорологических условиях с постоянным напряжением механизмов терморегуляции возможны стойкие изменения физиологических функций организма – нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, угнетение ЦНС, нарушение водно-солевого обмена, снижение иммунитета и общей сопротивляемости организма вредным факторам окружающей среды.

Воздействие высоких температур воздуха в производственных условиях вызывает у работающих обильное потоотделение, быструю утомляемость и негативно сказывается на функциональном состоянии ЦНС. Это проявляется в ослаблении внимания, нарушении точности и координации движений, замедлении ответных реакций, что может способствовать производственному травматизму. Интенсивное выделение из организма с потом ионов хлора на фоне приема большого количества воды ведет к угнетению желудочной секреции, снижению бактерицидности желудочного сока, что создает благоприятные условия для развития воспалительных процессов в желудочно-кишечном тракте.

В условиях постоянного воздействия высоких температур воздуха и интенсивного теплового облучения ограничение или полное исключение отдельных путей теплоотдачи может привести к значительному напряжению и даже нарушению терморегуляции, в результате которого возможен перегрев организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением. Сильный перегрев организма может привести к тепловому удару, вызывающему расстройство координации движений, упадок сил, помрачение сознания или к судорожной болезни, в результате потери вместе с потом большого количества необходимых для нормальной жизнедеятельности солей и витаминов.

Инфракрасное излучение от окружающих нагретых поверхностей, помимо усиления теплового воздействия на организм, обладает и специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью инфракрасного излучения является его способность проникать на разную глубину в живую ткань в зависимости от длины волны излучения.

Длинноволновое инфракрасное излучение задерживается в поверхностных слоях кожи и его воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи.

Коротковолновая часть спектра инфракрасного излучения характеризуется способностью проникать на несколько сантиметров в глуболежащие ткани тела, вызывая повышение температуры головного мозга, легких, почек и других органов, и, как следствие, перегрев организма или тепловой

удар. Длительное облучение глаз вызывает помутнение хрусталика, в результате у человека развивается профессиональное заболевание – катаракта.

Под влиянием инфракрасного излучения в организме человека возникают биохимические сдвиги и изменения функционального состояния ЦНС: образуются специфические биологически активные вещества (типа гистамина, холина и др.), в ЦНС развиваются тормозные процессы, уменьшается нервно-мышечная возбудимость, усиливается секреторная деятельность желудка, понижается общий обмен.

Продолжительное действие на человека низких температур воздуха приводит к понижению температуры кожи и ее тактильной чувствительности, местному и общему охлаждению организма, проявлением чего является снижение температуры тела.

При общем охлаждении организма происходит изменение функционального состояния ЦНС, что проявляется в своеобразном наркотическом эффекте холода, ведущем к ослаблению мышечной деятельности, резкому снижению реакции на болевые раздражения, адинамии и сонливости. Из медицинской практики известно, что общее охлаждение организма может стать причиной простудных заболеваний – ОРВИ, гриппа, пневмонии, а также профессиональных заболеваний – *полиневрита, радикулита*. Способствует развитию простудных заболеваний и местное охлаждение, особенно ног. При частом и сильном охлаждении конечностей могут иметь место *нейротрофические изменения* в тканях, вызывающие нарушение обмена веществ и питания тканей.

2.3. Воздействие вредных веществ

Важнейшим фактором нормальной жизнедеятельности человека является воздух необходимого состава, чистоты и количества. Состав атмосферного воздуха: азота – 78,08 %; кислорода – 20,95 %; углекислого газа – 0,03 %; инертных газов – 0,94 %.

Однако воздух особенно в производственных условиях редко имеет свой естественный состав из-за выделений в помещениях вредных химических веществ в виде пыли, пара и газа.

Вредные вещества на производстве – это вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

Основными источниками вредных веществ на производстве являются технологические процессы (плавка металла, механическая и термообработка, сварка, склеивание, нанесение покрытий, окраска и т.п.) и технологическое оборудование (печи, ванны, газопроводы, газосварочные аппараты и др.); в сельском хозяйстве – применение ядохимикатов и минеральных удобрений; в бытовых условиях использование синтетических моющих

средств (*детергентов*), лаков, красок, растворителей и т.п.; в городах и населенных пунктах – общественный и личный транспорт.

В организм человека вредные вещества могут поступать: ингаляционным путем через дыхательный тракт; через желудочно-кишечный тракт при несоблюдении санитарных правил личной гигиены; через неповрежденный кожный покров за счет растворения ряда веществ в подкожном слое жира.

Поступление вредных веществ через органы дыхания является основным и наиболее опасным путем. Поверхность легочных альвеол при среднем их растяжении, (спокойное ровное дыхание) составляет 90 – 100 м², толщина же альвеолярной стенки колеблется от 0,001 до 0,004 мм, в связи с чем в легких создаются условия для проникновения газов, паров, пыли непосредственно в кровь. Вредные вещества поступают в кровь путем диффузии вследствие разницы парциального давления паров или газов в воздухе и крови или за счет растворения в биологических средах организма.

По последствиям негативного воздействия на организм работающих все виды вредных веществ подразделяют на *промышленные яды*, вызывающие профессиональные отравления, и *промышленную пыль* фиброгенного действия, вызывающую разрастание в легких волокнистой соединительной ткани.

2.3.1. Промышленная пыль

Пыль представляет собой мельчайшие твердые частицы вещества, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии – в виде аэрозоля.

На многих предприятиях в силу особенностей технологических процессов, применяемых способов производства, характера сырьевых материалов, промежуточных и готовых продуктов и ряда других причин происходит интенсивное образование пыли. В подобных случаях пыль, находящаяся в воздухе производственных помещений, становится одним из вредных факторов производственной среды, определяющим условия труда как вредные, и может быть причиной развития пылевых заболеваний легких – *пневмокониозов*, занимающих по количеству заболевших первое место среди профессиональных заболеваний.

2.3.1.1 Гигиеническая характеристика пыли

По происхождению (роду исходного материала) различают пыль органическую, неорганическую и смешанную. К *органической* относятся: пыли растительного происхождения (древесины, хлопка, льна, табака, муки и др.), животного (шерсти, волос и др.), искусственного (пластмасс, резины и т. п.). В группу *неорганических* пылей входят: металлическая (пыль металлов и их окислов) и минеральная (пыль минералов, неорганических солей и других химических соединений).

По способу образования подразделяют пыль на *аэрозоль дезинтеграции*, поступающую в воздух при механической обработке или измельчении твердых материалов и *аэрозоль конденсации*, образующуюся при испа-

рении и последующей конденсации в воздухе твердых веществ (в процессе газорезки, электросварки, плавки металла и др.).

Пыль, находящаяся в воздухе производственных помещений, проникает в легкие, оседает на поверхности кожного покрова, попадает на слизистые оболочки полости рта, глаз, верхних дыхательных путей, со слюной заглатывается в пищеварительный тракт.

Фиброгенное, раздражающее и токсическое действие пыли зависит от ряда ее физических, физико-химических и химических свойств. Основную роль играют концентрация пыли во вдыхаемом воздухе, дисперсность (степень измельченности) и форма пылинок, химический состав, растворимость в воде и биологических средах (крови, лимфе).

Концентрация пыли – это весовое содержание взвешенной пыли в единице объема воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$). Чем выше концентрация пыли в воздухе, тем большее ее количество за тот же период проникает в организм через органы дыхания, попадает на слизистые оболочки и оседает на кожный покров.

Дисперсный состав пыли (размер частиц), зависящий в основном от механизма ее образования, имеет большое гигиеническое значение, так как чем мельче пыль, тем глубже она проникает в дыхательные пути и дольше находится в воздухе во взвешенном состоянии. Относительно крупные пылинки быстро оседают, а при вдыхании в основном задерживаются в верхних дыхательных путях и постепенно удаляются оттуда с кашлем.

Большое значение также имеет удельная поверхность пыли ($\text{см}^2/\text{г}$), поскольку ее химическая активность при воздействии на организм зависит от общей площади поверхности. Мелкодисперсная пыль (менее 10 мкм) представляет большую опасность, чем средне- и крупнодисперсная, так как при одной и той же массе в случае поступления в организм эта пыль имеет большую поверхность соприкосновения с легочной тканью, и, как следствие, увеличивается активность воздействия. Из мелкодисперсной пыли наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером пылинок до 5 мкм и особенно фракция 1 – 2 мкм, а также аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3 – 0,4 мкм, наиболее глубоко проникающие и оседающие в легких.

При оценке воздействия пыли на организм имеют определенное гигиеническое значение форма частиц, их твердость, острота, волокнистость. По форме частиц пыль может быть аморфной (пылинки округлой формы), кристаллической (с острыми гранями), волокнистой (удлиненной формы), пластинчатой (в виде слоистых пластинок) и др.

Пылинки с острыми гранями, особенно игольчатой формы (кристаллическая пыль, пластинчатая и т. п.), оказывают большее раздражающее действие в месте соприкосновения: на слизистых оболочках глаз, верхних дыхательных путей, а иногда и на кожном покрове. Аморфные и волокнистые пыли в меньшей степени вызывают местное раздражение. Волокнистые

мягкие пыли (шерстяная, хлопковая, льняная и др.) в основном задерживаются в верхних дыхательных путях, не проникая в легкие. Кроме того, форма пылинок влияет на их поведение в воздухе, ускоряя (при округлой форме) или замедляя (при волокнистой и пластинчатой форме) осаждение.

Большое влияние на время нахождения пылинок в воздухе и процесс их осаждения оказывают электрические свойства пылевых частиц. При разноименном заряде пылинки притягиваются друг к другу и быстро оседают. При одинаковом заряде они, отталкиваясь одна от другой, могут долго находиться во взвешенном состоянии. Кроме того, пылинки, приобретая заряд, быстрее оседают в организме. Так, при дыхании через рот заряженные частицы, прошедшие верхние дыхательные пути, задерживаются в легких на 70 %, а при дыхании через нос – на 50 %. Следовательно, создаются условия для длительного контакта относительно больших масс пыли со слизистой поверхностью дыхательных путей, наиболее восприимчивой к действию пыли.

Химический состав пыли, во многом определяющий характер биологического действия ее на организм, зависит от вида и состава исходного материала, способа и технологии его обработки.

По характеру воздействия на организм все пыли делят на две основные группы: токсические и нетоксические. Первые при попадании в организм вызывают острые или хронические отравления, вторые не вызывают отравления даже при больших концентрациях и длительном сроке действия.

Важное гигиеническое значение имеет адсорбционная способность пыли, зависящая от удельной поверхности частиц. Нетоксическая пыль, адсорбирующая из воздуха ядовитые газы, может приобрести токсический характер.

Биологическое действие пыли находится в тесной связи с ее растворимостью. Некоторые хорошо растворимые нетоксические пыли (сахарная, мучная и др.), быстро растворяясь в биологических средах (крови, лимфе, желудочном соке) выводятся из организма, не причиняя вреда. Нерастворимая пыль надолго задерживается в легких, способствуя развитию заболеваний.

2.3.1.2. Действие пыли на организм

Под влиянием пыли в производственных условиях у работающих могут развиваться как специфические так и неспецифические заболевания.

Специфические заболевания возникают в результате *фиброза* (перерождения) *легочной ткани*. Нерастворимые нетоксические пыли, задерживаясь в легких длительное время, постепенно вызывают разрастание вокруг каждой пылинки волокнистой соединительной ткани, которая не способна воспринимать кислород из вдыхаемого воздуха, насыщать им кровь и выделять при выдохе углекислый газ. Процесс разрастания соединительной ткани протекает медленно, как правило, годами. Однако при длительном стаже работы в условиях высокой запыленности разросшаяся соединительная ткань постепенно замещает легочную, нарушая, таким образом, основную функцию легких – усвоение кислорода и выделение углекислого газа.

Недостаточность кислорода приводит к одышке при быстрой ходьбе или работе, ослаблению организма, изменениям функционального состояния его органов и систем, снижению работоспособности и сопротивляемости организма инфекционным и другим заболеваниям, развитию специфических заболеваний легких, в первую очередь пневмокониозов.

Пневмокониозы — собирательное название, включающее в себя пылевые заболевания легких от воздействия всех видов пыли. Однако по времени развития этих заболеваний, характеру их течения и другим особенностям они различны и их названия в основном соответствуют русскому или латинскому названию воздействующей пыли. Так, пневмокониозы, вызванные воздействием кварцевой пыли (свободной двуокиси кремния), называются *силикозом*, силикатами — *силикатозом*, угольной пылью — *антракозом*, железосодержащей — *сидерозом*, алюминиевой — *алюминозом* и т. д.

Наиболее опасным заболеванием является силикоз. При силикозе тяжелые склеротические изменения наблюдаются в органах дыхания с одновременными значительными нарушениями в нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной и лимфатической системах.

Из неспецифических заболеваний промышленная пыль может приводить к развитию профессиональных бронхитов, пневмоний, бронхиальной астмы, поражению слизистой носа и носоглотки и др. Пыль, попавшая в глаза, может вызвать *конъюнктивит* — воспаление прозрачной слизистой оболочки глаза, сопровождающееся его покраснением и резью в глазу, слезотечением. Систематическая работа в условиях воздействия пыли может быть причиной повышенной заболеваемости с временной нетрудоспособностью, что связано со снижением у работающих защитных иммунологических функций организма. Действие пыли могут усугублять тяжелый физический труд, охлаждение организма, токсичные пары и газы, которые способствуют более быстрому развитию и усилению тяжести пневмокониоза.

2.3.1.2. Промышленные яды

К *промышленным ядам* относятся такие вредные химические вещества, которые в производственных условиях способны при воздействии на организм человека вызвать профессиональное отравление (*интоксикацию*).

Основные пути поступления ядов в организм — через органы дыхания и кожу. Через дыхательные пути попадают яды, находящиеся в воздухе, преимущественно в виде пара, газа и пыли. Через кожу проникают вещества жидкой и маслянистой консистенции, хорошо растворяющиеся в *липидах* (жирах и жироподобных веществах). Возможно поступление ядов и через желудочно-кишечный тракт с загрязненных рук, при приеме пищи.

Промышленные яды могут вызывать неблагоприятные реакции неспецифического характера: снижение иммунологической сопротивляемости организма, *анемию* (малокровие), а также оказывать специфическое действие на различные органы и системы организма.

По специфическому действию на организм человека предложена следующая классификация промышленных ядов:

общетоксические – вызывающие расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушение структуры ферментов и функций кроветворных органов (окись углерода, цианистые соединения, свинец, ртуть, спирты, сероводород и др.);

раздражающие – вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, сернистый газ, озон, окислы азота, ацетон, фтористый водород и др.);

сенсibiliзирующие – действующие как аллергены и вызывающие аллергические заболевания (формальдегид, растворители и лаки на основе нитро- и нитрозосоединений, различные антибиотики и др.);

канцерогенные – вызывающие развитие всех видов раковых заболеваний (никель и его соединения, окислы хрома, асбест и др.);

мутагенные – воздействующие на соматические клетки органов и тканей, а также на половые клетки, что вызывает изменение наследственной информации (соединения свинца, соли ртути, окись этилена и др.);

влияющие на репродуктивную функцию человека – вызывающие возникновение врожденных пороков развития и отклонений от нормальной структуры у потомства (свинец, ртуть, марганец, стирол, борная кислота и др.).

В результате воздействия промышленных ядов на организм могут возникнуть острые или хронические отравления. *Острые отравления*, как правило, развиваются при аварийных ситуациях после кратковременного воздействия ядов высоких концентраций. *Хронические отравления* развиваются медленно, постепенно, в результате накопления в организме яда (материальная кумуляция) или суммирования функциональных изменений в организме, вызванных ядом (функциональная кумуляция).

Многие промышленные яды способны вызывать как острые, так и хронические отравления. Последствия действия одного и того же яда при остром и хроническом отравлении могут отличаться. Так, бензол при острой интоксикации вызывает преимущественное поражение нервной системы, а при хроническом отравлении наблюдаются изменения в функционировании кроветворных органов. Некоторые яды (например, синильная кислота) вызывают только острые отравления, другие (свинец, марганец) – преимущественно хронические отравления.

В настоящее время в связи с широким применением в промышленности вредных веществ (более 50 тысяч химических соединений) создаются условия поступления в организм человека одновременно нескольких ядовитых веществ, оказывающих комбинированное действие.

Возможны три основных типа комбинированного действия вредных веществ на организм: *синергизм (потенцирование)*, когда одно вещество усиливает действие другого; *суммация (аддитивность)*, когда действие ве-

ществ в комбинации суммируется; *антогонизм*, когда одно вещество ослабляет действие другого.

Исследования характера одновременного действия на организм нескольких вредных веществ показали, что в большинстве случаев промышленные яды в комбинации действуют по типу суммации.

Последствия негативного воздействия ядов на организм человека зависят от многих факторов: пола, возраста и индивидуальной чувствительности организма, химической структуры и физических свойств яда, его концентрации в воздухе, количества попавшего в организм вещества, длительности и непрерывности его поступления, а также ряда сопутствующих факторов производственной среды, таких как температура и влажность воздуха, шум, вибрация и др.

Поступление, распределение и выделение химических веществ из организма обусловлены их физико-химическими свойствами. Определяющим показателем в этом отношении является коэффициент распределения масло/вода K .

Величина его может быть приближенно вычислена по формуле:

$$\lg K = 0,053 \cdot M.O. - 3,68,$$

где $M.O.$ — молекулярный объем (отношение молекулярного веса к удельному весу).

Вещества, характеризующиеся высокими показателями коэффициента распределения (например, бензин, фреоны, бензол), при достаточно высоких их концентрациях в воздухе способны быстро насыщать кровь, ткани, клетки. В результате в организме в относительно короткий промежуток времени создаются биологически действующие концентрации, обуславливающие быстрое развитие интоксикации.

Вещества, характеризующиеся сравнительно малыми показателями коэффициента распределения (например, этиловый спирт, ацетон, этиленгликоль), медленно насыщают организм. Сорбционная емкость организма для этих веществ велика и отравления развиваются сравнительно медленно.

Промышленные яды органического происхождения, поступившие в организм, подвергаются различным химическим превращениям (биотрансформации или метаболизму), в результате которых в большинстве случаев образуются преимущественно менее токсичные продукты, более растворимые и легко выводимые из организма. Не подвергаются превращениям только химически инертные вещества, например бензин, который выделяется из организма в неизменном виде.

Основными реакциями метаболизма являются окисление, восстановление, гидролитическое расщепление, образование парных соединений (с серной, глюкуроновой кислотами, аминокислотами и др.) При этом происходит увеличение полярности молекул веществ, образовавшихся в результате превращений, что уменьшает возможность их поступления в клетки организма.

Однако встречаются такие химические соединения, которые в результате превращений в организме образуют более токсичные продукты. Например, при окислении метилового спирта возникают более биологически активные формальдегид и муравьиная кислота.

Неорганические химические вещества также подвергаются в организме разнообразным изменениям. Биологическая активность неорганических соединений обусловлена их химической структурой. Для металлов эта закономерность заключается в том, что с нарастанием атомного веса элемента увеличивается его токсичность. Характерной особенностью этих веществ является способность откладываться в каком-либо органе, чаще всего в костях, образуя депо. Например, в костях откладываются свинец, фтор. Некоторые неорганические вещества в организме окисляются: нитриты – в нитраты, сульфиды – в сульфаты. Высшие окислы в ряде случаев оказываются токсичнее низших (например, окислы марганца).

Профилактические мероприятия по предупреждению интоксикаций разрабатываются на основе знания путей поступления вредных веществ в организм, результатов исследований опасности их биологического действия и свойств веществ, образующихся после химических превращений ядов в организме.

2.4. Воздействие шума

Под шумом как гигиеническим фактором подразумевается совокупность звуков различной интенсивности и частоты, неблагоприятно воздействующих на организм человека, мешающих его работе и отдыху.

По своей физической сущности любой звук является механическим колебанием среды, однако не каждое колебание среды воспринимается слуховым анализатором человека как звуковое раздражение. Область слышимых звуков ограничивается определенным диапазоном частот (16 – 20000 Гц) и определенными предельными значениями звуковых давлений и их уровней.

Минимальная величина звуковой энергии (звуковое давление), способная трансформироваться в нервный процесс и вызывать звуковое ощущение, называется *порогом слышимости*. Порог слышимости изменяется в зависимости от частоты звука, так как у человека чувствительность слухового анализатора различна к звукам разных частот. Зависимость величины порога слышимости от частоты воспринимаемых человеком звуков представлена на рис. 12 нижней кривой.

На рисунке видно, что только на частоте 1000 Гц, принятой в качестве стандартной частоты сравнения в акустике, пороговое значение звукового давления ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па) соответствует порогу слышимости ($L = 0$ дБ). В диапазоне частот 800 – 4000 Гц величина порога слышимости минимальна, но по мере удаления от этого интервала частот вниз и вверх по частотной шкале величина порога слышимости растет; особенно заметно его увеличе-

ние на низких частотах. По этой причине высокочастотные звуки воспринимаются как более громкие и более неприятные, чем низкочастотные.



Рис. 12. Слуховое восприятие человека

Верхняя кривая на рис. 12 — *порог болевого ощущения*. Звуки, превышающие по своему уровню этот порог ($L = 120 - 130$ дБ), могут вызвать боли в органах слуха и повреждение слухового анализатора.

Область на частотной шкале, лежащая между порогом слышимости и порогом болевого ощущения, называется *областью слухового восприятия*.

Исследованиями установлено, что любой шум создает нагрузку на нервную систему человека. Его воздействие по-разному проявляется у людей в зависимости от возраста, состояния здоровья, характера труда, физического и душевного состояния. Интересна психологическая особенность человека — шум, создаваемый им самим, его не беспокоит, в то же время посторонние шумы оказывают сильное раздражающее действие.

Действие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха, нарушений со стороны ряда органов и систем.

Влияние шума на слух проявляется в возникновении *кохлеарного неврита* (нарушения функций слухового нерва) различной степени выраженности. При медицинском осмотре обнаруживается снижение слуха на восприятие шепотной речи и потеря остроты слуха.

Помимо действия шума на орган слуха установлено его негативное влияние на многие органы и системы организма, в первую очередь на ЦНС, функциональные изменения в которой происходят зачастую раньше, чем определяется нарушение слуховой чувствительности. Это выражается *астеническими реакциями* и *астеновегетативным синдромом* с характерным для него комплексом симптомов — раздражительностью, ослаблением памяти, апатией, подавленным настроением, повышенным потоотделением. У лиц, подвергающихся действию шума, отмечаются изменения секреторной и моторной функции желудочно-кишечного тракта, сдвиги в обменных

процессах: нарушения основного, витаминного, углеводного, белкового, жирового, солевого обменов.

Воздействие шума в течение продолжительного времени может привести к возникновению таких заболеваний как неврозы, гипертония и язвенная болезнь, кожные и кишечные заболевания.

На производстве негативное влияние шума на нервную систему и функциональное состояние двигательного и других анализаторов организма приводит к снижению производительности труда и повышенному травматизму. При умственной форме деятельности на фоне шума отмечается значительное снижение и качества труда. Под влиянием шума у работающих раньше возникает чувство усталости, нарушается концентрация внимания, точность и координация движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов, замедляется скорость психических реакций.

Тяжесть вредных последствий, вызываемых воздействием шума, усугубляется с увеличением его интенсивности и продолжительности действия.

При постоянном воздействии шума, например, на таких производствах, как текстильное, на участках, где установлено кузнечно-прессовое оборудование у работающих может возникнуть профессиональная болезнь – снижение слуха по типу кохлеарного неврита. Под влиянием шумов с уровнями звукового давления 90 – 100 дБ притупляется острота зрения, появляются головные боли и головокружения, происходит нарушение сердечной деятельности, наблюдается бессонница. При очень высоких уровнях звукового давления 145 дБ и выше возможно механическое повреждение в слуховом анализаторе – разрыв барабанной перепонки.

2.5. Воздействие вибрации

Вибрация представляет собой механические колебания в упругих телах или колебательные движения механических систем, возникающие в результате действия периодически изменяющейся силы. Воздействие вибрации на человека зависит от способа передачи колебаний, направления действия вибрации, времени действия, основных параметров вибрации (частоты колебаний, амплитуды смещения, колебательной скорости и её логарифмического уровня).

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую и локальную. *Общая* передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, *локальная* – в основном через руки работающих с ручным механизированным инструментом.

По направлению действия вибрацию подразделяют: на *вертикальную*, распространяющуюся по оси x , перпендикулярной опорной поверхности; *горизонтальную*, распространяющуюся по оси y от спины к груди; *горизонтальную*, распространяющуюся по оси z от правого плеча к левому плечу.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Характер ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причина этого явления связана с резонансным эффектом. Внутренние органы и отдельные части тела человека (сердце, желудок, печень, почки, голову и др.) можно рассматривать как колебательные системы с определенной массой, соединенные между собой упругими элементами и обладающие различными собственными частотами колебаний. Большинство внутренних органов имеют собственную частоту колебаний в диапазоне 6 – 9 Гц. Воздействие на организм человека внешних сил с такими же частотами может вызвать резонансные колебания внутренних органов, что представляет опасность их смещения и механических повреждений. Собственные частоты плечевого пояса, бедер и головы в положении стоя при вертикальных вибрациях находятся в диапазоне 4 – 6 Гц, головы относительно плеч в положении сидя – 25 – 30 Гц. Расстройство зрительного восприятия проявляется при воздействии вибрации частотой от 60 до 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок.

Вибрационная патология занимает второе место (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Исследованиями состояния здоровья работающих, подверженных воздействию вибрации, было выявлено несколько видов вибрационной патологии, обусловленных действием общей и локальной вибраций.

При воздействии на организм общей вибрации нарушается нормальная работа в первую очередь нервной системы и анализаторов: вестибулярного, тактильного, зрительного. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора. У рабочих при вибрационном воздействии наблюдаются: головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибулярной неустойчивости. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и периодическим исчезновением отдельных участков поля зрения, снижением остроты зрения иногда до 40%.

Общая низкочастотная вибрация вызывает деформацию межпозвоночных дисков и костной ткани, смещение органов брюшной полости, изменение моторики гладкой мускулатуры желудка и кишечника, возникновение и прогрессирование дегенеративных изменений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Также общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся высоким уровнем виброскорости, может быть причиной профессионального заболевания – *вибрационной болезни* – стойких патологических нарушений в организме работающих, обусловленных комплексом рефлекторных изменений в функциональном состоянии различных отделов нервной системы. Эти нарушения проявляются в виде головных болей, боли в пояснице, в конечностях, в области желудка, в нарушении сна, пониженной работоспособности, быстрой утомляемости, раздражительности.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно наблюдается воздействие вибрации на нервные окончания, мышечные и костные ткани, выражающееся в понижении кожной чувствительности, уплотнении сухожилий мышц, отложении солей в суставах кистей и пальцев, что приводит к болям, деформациям и снижению подвижности суставов. При локальной вибрации наблюдаются нарушения деятельности ЦНС, как и при общей вибрации.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные климатические условия, особенно пониженная температура воздуха и высокая влажность, шум повышенной интенсивности. Охлаждение и увлажнение рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. Эффективное лечение виброболезни возможно лишь на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности.

2.6. Воздействие электромагнитных полей радиочастот

Электромагнитные поля (ЭМП) радиочастот могут вызывать значительные функциональные и органические изменения в организме человека. Характер этих изменений зависит от диапазона частот колебаний, интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма (постоянное, периодическое), площади облучаемой поверхности тела и анатомического строения органа или ткани. Биологическое действие ЭМП радиочастот вызвано их *тепловым* и *атермическим* эффектом.

Электромагнитное поле воздействует следующим образом: в электрическом поле атомы и молекулы, из которых состоит биологическая ткань, поляризуются, полярные молекулы (например, воды) ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля; в электролитах (тканевой жидкости, крови и т. п.) ионы приходят в движение, и возникают ионные токи. Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей в организме как за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилий, хрящей, жирового слоя и т.д.), так и за счет ионных токов проводимости. Таким

образом, тепловой эффект является следствием частичного поглощения электромагнитной энергии тканями тела человека. Чем больше интенсивность облучения и время воздействия тем сильнее нагрев тела.

Образующееся в организме избыточное тепло отводится в окружающую среду путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции (см. стр. 34). Однако при плотности потока энергии 10 мВт/см^2 и более механизм терморегуляции не способен справиться с отводом избыточного тепла и, как следствие, происходит повышение температуры тела, а также локальный избирательный нагрев тканей, органов и клеток, что вызывает изменения в организме.

Наиболее интенсивно ЭМП воздействуют на органы с большим содержанием воды. Перегрев же особенно вреден для органов со слаборазвитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением (головной мозг, глаза, желудок, желчный и мочевой пузырь и др.). Облучение глаз вызывает развитие катаракты (помутнение хрусталика). Помимо этого возможно неблагоприятное воздействия ЭМП на сетчатку, роговицу и другие элементы зрительного анализатора.

Для ЭМП при многократно повторяющемся их действии характерен кумулятивный биологический эффект. Продолжительное воздействие ЭМП с уровнями интенсивности излучения, превышающими допустимые, могут приводить к изменениям функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушению обменных процессов и др. На ранних стадиях воздействия ЭМП появляются головная боль, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушение сна, боли в области сердца, снижение памяти, повышение артериального давления. Начальные изменения в организме обратимы.

При хроническом воздействии ЭМП изменения в организме могут прогрессировать и проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии патологии. У пострадавших отмечается повышение температуры тела, увеличение частоты сердечных сокращений (*тахикардия*), нарушения сердечной деятельности, нервно-психические расстройства. Возможны нарушения со стороны эндокринной системы (гиперфункция щитовидной железы, нарушение функции половых желез) и трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела.

Хроническое воздействие ЭМП при плотности потока энергии (ППЭ) выше 10 мВт/см^2 может вызывать стойкие изменения в крови. При меньших значениях ППЭ наблюдаются фазовые (временные) изменения количества лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина, возможны изменения со стороны костного мозга.

Усугубляют воздействие ЭМП другие факторы производственной среды: повышенная температура воздуха, шум, наличие рентгеновского излучения.

2.7. Воздействие лазерного излучения

Лазерное излучение представляет собой особый вид стимулированного электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1 – 1000 мкм, включающем ультрафиолетовую, видимую (световую) и инфракрасную области спектра излучения. Биологическое действие излучения лазерных установок зависит от энергии и мощности излучения, длины волны, режима работы лазера, частоты следования импульсов, продолжительности облучения, площади облучаемой поверхности, свойств облучаемых тканей и органов. По характеру неблагоприятных последствий облучения различают термическое и нетермическое, местное (локальное) и общее действие лазерного излучения.

Термическое воздействие лазерного излучения на биологическую ткань основывается на поглощении излучения и преобразования его энергии в тепло. Нагрев облучаемой ткани, вызываемый излучением лазеров непрерывного действия, имеет много общего с обычным нагревом. При повышении температуры ткани до 45 °С каких-либо необратимых повреждений ткани нет; при температуре около 60 °С наступает коагуляция; при 80 °С – денатурация (изменение естественных свойств) белка; при 100 °С – обезвоживание; более 150 °С – обугливание; свыше 300 °С – ткань испаряется.

Под влиянием излучения лазеров, работающих в импульсном режиме, в облучаемых тканях наблюдается быстрый нагрев и мгновенное вскипание жидкости, вследствие этого происходит резкое повышение давления, возникновение ударной волны, вызывающей механическое взрывное повреждение тканей. Например, прямое облучение поверхности брюшной стенки вызывает повреждение печени, кишечника и других органов брюшной полости, при облучении головы возможны внутричерепные и внутримозговые кровоизлияния.

Нетермическое действие лазерного излучения в основном обусловлено процессами, возникающими в результате избирательного поглощения тканями электромагнитной энергии, а также фотомеханическим и фотохимическим механизмами повреждения.

Биологические эффекты, возникающие при воздействии лазерного излучения на организм, делятся на две группы: первичные и вторичные.

Первичные эффекты возникают в виде органических изменений непосредственно в облучаемых органах и тканях.

Лазерное излучение представляет особую опасность для тех органов и тканей, которые максимально поглощают излучение (глаза, кожа). Повреждения могут быть результатом действия прямого, зеркально и диффузно отраженного излучения.

При воздействии излучения лазера на глаза (см. рис. 6) сравнительно легкая уязвимость роговицы и хрусталика, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии излучения видимого и ближ-

него ИК-диапазона на сетчатке на несколько порядков по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом.

Взаимодействуя с элементами оптической системы глаза лазерное излучение может вызвать их повреждение. Тяжесть последствий повреждения глаза главным образом зависит от таких физических параметров, как время облучения, плотность потока энергии, длина волны и вид излучения (непрерывное или импульсное), а также индивидуальных особенностей глаза.

Воздействие лазерного излучения с длиной волны в пределах ультрафиолетовой области спектра (0,2 – 0,4 мкм) в основном приводит к поверхностным ожогам роговицы, которая со временем восстанавливается. Излучение с длиной волны в пределах средней инфракрасной области спектра (1,4 – 3,0 мкм) может причинить тяжелое повреждение роговице. Попадая в глаз, энергия излучения поглощается пигментным эпителием радужной оболочки и в течение очень короткого времени повышает в нем температуру до высоких уровней, вызывая *денатурацию* белка и полную потерю прозрачности. Степень теплового повреждения роговицы зависит от поглощенной дозы излучения. Если доза излучения велика, то может произойти полное разрушение защитного эпителия с одновременным помутнением радужной оболочки из-за коагуляции белка. Длительное облучение глаза в диапазоне ближнего инфракрасного излучения (0,78 – 1,4 мкм) может привести к катаракте (помутнению хрусталика).

Лазерное излучение с длиной волны 0,4 – 1,4 мкм вызывает повреждение функционально наиболее значимого элемента глаза – сетчатки. Повреждения сетчатки под влиянием лазерного излучения подразделяют на две группы. К первой относятся временные нарушения зрительных функций без видимых изменений сетчатки. Примером такого повреждения является ослепление, вызванное повышенной яркостью световой вспышки.

Ко второй группе относятся повреждения, сопровождающиеся разрушением сетчатки, проявляющиеся в виде термического ожога или «взрыва» зерен пигмента. Термический эффект воздействия может изменяться от слабых ожогов сетчатки до полной потери зрения.

Ослепление от яркости световой вспышки является наименее опасным проявлением поражающего действия излучения лазера. Ослепление носит обратимый характер и выражается в возникновении «слепого пятна» в поле зрения под действием слишком яркого света в результате полного распада зрительного пигмента в фоторецепторах сетчатки. Восстановление пигмента в фоторецепторах сетчатки иногда продолжается несколько минут.

Воздействие на глаз сверхпороговых интенсивностей излучения вызывает тепловой ожог глазного дна с необратимым повреждением сетчатки. Минимальное повреждение сетчатки представляет собой небольшое белое пятно из свернувшихся белков с областью кровоизлияния в центре. Особенно опасны повреждения центральной ямки и желтого пятна – наиболее функ-

ционально важных и самых чувствительных к свету областей сетчатки. Повреждение этих областей может привести к полной потере зрения.

Воздействие на глаза импульсного лазерного излучения представляет большую опасность, чем непрерывного, так как в этом случае повреждение сетчатки вызывается комбинированным действием – термическим и механическим. Механическое действие излучения проявляется в виде «взрыва» зерен пигмента (*меланина*), причем сила взрыва так велика, что зерна пигмента выбрасываются в стекловидное тело.

Лазерное излучение может вызвать также поражение кожи, которое напоминает термический ожог, имеющий четкие границы, окруженные небольшой зоной покраснения. Степень воздействия определяется как параметрами излучения лазера, так и пигментацией кожи, состоянием кровообращения. Пигментированная кожа поглощает значительно больше лазерных лучей, чем светлая кожа. Однако отсутствие пигментации способствует более глубокому проникновению лучей лазера в кожу и под кожу, вследствие чего повреждения могут носить более выраженный характер.

При действии лазерного излучения могут проявиться и *вторичные эффекты* – неспецифические изменения, возникающие в организме как реакция на облучения. При этом возможны функциональные расстройства ЦНС, сердечно-сосудистой системы, невроты астенического типа, патология вегетативно-сосудистой системы. Сердечно-сосудистые расстройства могут проявляться сосудистой дистонией по гипотоническому или гипертоническому типу, нарушением мозгового кровообращения. В крови выявляется незначительное снижение гемоглобина, увеличение количества эритроцитов, ретикулоцитов, уменьшение количества тромбоцитов. Возможны изменения липидного, углеводного и белкового обменов.

2.8. Воздействие ионизирующего излучения

Ионизирующим излучением называется излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в веществе ионов разного знака. Источниками ионизирующего излучения могут быть радиоактивные вещества (радионуклиды) и электрофизические устройства (рентгеновские аппараты, ускорители, высоковольтные электроустановки, дефектоскопы и др.), которые применяют в контрольно-измерительных приборах, системах автоматики, научно-исследовательских работах, медицине, атомной энергетике.

Различают следующие виды ионизирующего излучения:

альфа-излучение – поток ядер атомов гелия;

бета-излучение – поток электронов или позитронов;

гамма-излучение – электромагнитное (фотонное) излучение;

рентгеновское излучение – электромагнитное излучение, отличающееся от гамма-излучения длиной волны;

нейтронное излучение – поток электронейтральных частиц ядра.

Возникающее в процессе радиоактивного распада или при осуществлении ядерных реакций ионизирующее излучение, проходя через вещество, взаимодействует с его атомами и молекулами, передавая веществу часть своей энергии. Первичным, начальным этапом биологического действия излучения является ионизация атомов и молекул живой материи, в частности ионизация молекул воды, содержащейся в органах и тканях.

При радиолизе воды появляются свободные радикалы: атомарный водород H^+ , гидроксил OH^- , гидроксид HO и перекись водорода H_2O_2 , которые, обладая высокой химической активностью, вступают в химические реакции с другими молекулами ткани и возникают новые химические соединения, не свойственные здоровой ткани. Это приводит к подавлению активности ферментных систем, торможению функций кроветворных органов, гибели отдельных клеток, нарушению биохимических процессов и обмена веществ в организме, замедлению или прекращению роста тканей.

В зависимости от величины поглощенной дозы излучения и индивидуальных особенностей организма вызванные изменения могут быть *обратимыми* или *необратимыми*. При небольших дозах пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Однако большие дозы при длительном воздействии способны вызвать необратимое нарушение жизнедеятельности отдельных органов, систем или организма в целом.

Хроническое облучение человека источником ионизирующего излучения может вызвать два вида эффектов: *детерминированные пороговые эффекты* – лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта, лучевое бесплодие и др. и *стохастические* (вероятностные) *беспороговые эффекты* – злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.

Биологическое действие различных видов ионизирующего излучения зависит от их проникающей способности и удельной ионизации – числа пар ионов, образующихся в тканях организма на каждом сантиметре пути пробега. В ряду альфа-бета-гамма- и рентгеновского излучений проникающая способность возрастает, а удельная ионизация уменьшается.

При работе с источниками ионизирующего излучения может возникнуть внешнее, внутреннее и комбинированное облучение персонала.

Внешнее облучение обусловлено действием источников, находящихся вне организма на рабочих местах и в помещениях; *внутреннее облучение* – радиоактивной пылью, попавшей в организм вместе с воздухом, пищей, водой; *комбинированное облучение* – совместным действием внешнего и внутреннего.

При внешнем облучении в первую очередь представляют опасность гамма- и рентгеновское излучения, обладающие большой проникающей способностью. Биологический эффект внешнего облучения зависит от суммарной поглощенной дозы и времени воздействия излучения, размеров облучаемой поверхности и индивидуальных особенностей организма.

При внутреннем облучении опасны все виды излучения (особенно альфа), действующие непрерывно практически на все органы в течение всего времени нахождения радиоактивного вещества в организме. Анализ имеющихся данных о состоянии здоровья лиц, подвергшихся действию ионизирующего излучения, показал, что при внутреннем облучении биологическая эффективность альфа-частиц и тяжелых ядер в 20 раз выше, а нейтронов и протонов в 10 раз выше, чем гамма- и рентгеновского излучений.

Выделение радиоактивных веществ из организма происходит через желудочно-кишечный тракт, почки, дыхательные пути, кожу, молочные железы. Наиболее опасны радионуклиды с большим периодом полураспада, медленно выделяющиеся из организма или накапливающиеся в отдельных его органах. Так, *стронций, кальций, барий, радий, иттрий, цирконий, плутоний* и другие элементы преимущественно накапливаются в скелете (костях); *торий, лантан, прометий, церий* задерживаются в печени; остаются в мышцах – *калий, рубидий, цезий*; селезенке и лимфатических узлах – *ниобий, рутений*; щитовидной железе – *йод*; распределяются в организме равномерно – *церий, ниобий, полоний, теллур, сурьма* и др.

Степень чувствительности различных тканей к облучению неодинакова. Если рассматривать ткани органов в порядке уменьшения их чувствительности к действию ионизирующего излучения, то получим следующую последовательность: клетки костных поверхностей, кожа, лимфатические узлы, щитовидная железа, печень, желудок, легкие, костный мозг (красный), гонады (половые железы).

Изменения, происходящие в организме под воздействием ионизирующего излучения, могут проявиться в виде клинических эффектов, или через сравнительно короткий промежуток времени после облучения (часы, дни) – *острые лучевые поражения*, или через длительный промежуток времени (годы, десятилетия) – *отдаленные последствия*. Кроме того, под воздействием излучения в организме может произойти нарушение генного аппарата, ответственного за наследственность. В большинстве случаев эти изменения будучи безвредными для организма облученного, могут оказаться опасными для последующих поколений. Поэтому при оценке опасности облучения, которому может подвергаться человек биологические эффекты принято дифференцировать на соматические и генетические.

К *соматическим эффектам* относятся те изменения в состоянии здоровья человека, которые произошли у него в результате облучения. Соматические эффекты проявляются в виде острой или хронической лучевой болезни, локальных повреждений отдельных органов или тканей, а также в виде отдаленных реакций организма на облучение.

Острая лучевая болезнь возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени. *Хроническая лучевая болезнь* может

развивается при длительном облучении дозами, не вызывающими острой лучевой болезни, но значительно превышающими предельно допустимые.

Лучевая болезнь всегда имеет затяжной характер. При этом выделяют четыре периода течения болезни: период первичной реакции, скрытый период мнимого благополучия, период выраженных клинических проявлений и период выздоровления. В процессе развития хронической формы лучевой болезни различают три стадии.

Для первой стадии характерны недомогание, головная боль, вялость, слабость, нарушение сна, ухудшение аппетита.

Для второй стадии – более ярко выражены признаки первой стадии, кроме того, возникают сосудистые и сердечные изменения, нарушение обмена веществ, изменения в составе крови (уменьшение числа лейкоцитов) и другие отклонения.

Третья стадия характеризуется еще более резким проявлением признаков первой и второй стадии, кровоизлияниями и изменениями в ЦНС, приводящими к нейротрофическим нарушениям.

При работе с радионуклидами ионизирующее излучение может вызвать разнообразные острые и хронические поражения кожи – от небольшого покраснения до ожогов, *некроз* (омертвление) ткани. Первые признаки хронического поражения проявляются в сухости кожи, трещинах на ней, ее изъязвлении, ломкости ногтей, выпадении волос.

Отдаленные последствия облучения людей ионизирующим излучением могут проявляться в виде лейкоза, катаракты, злокачественных опухолей различных органов и тканей, сокращения продолжительности жизни, ослабления действия иммунной системы, генетических эффектов, которые могут сказываться на последующих поколениях.

Литература

1. Физиология человека и животных. Под ред. проф. А.Б. Когана. – М.: Высшая школа, 1984.
2. Хван Т.А., Хван П.А. Основы безопасности жизнедеятельности. – Ростов на Дону: «Феникс», 2000.
3. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1998.
4. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. проф. Э. А. Арустамова. – М.: «Дашков и К°», 2003.
5. Гринин А.С., Новиков В.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002.
6. Чусов Ю.Н. Физиология человека. – М.: Просвещение, 1981.
7. Сапин М.Р., Брыксина З.Г. Анатомия и физиология человека. – М.: Просвещение, 1998.