

Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности

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

Объектом изучения - является среда обитания,

предметом - свойства среды, проявляющиеся во влиянии на здоровье человека,

целью - разработка профилактических мероприятий, обеспечивающих сохранение оптимального здоровья человека и его долгой творческой активности.

При изучении влияния окружающей среды на здоровье человека приоритетное значение придается **факторам риска**, непосредственно ведущим к возникновению заболеваний.

Устранение или ослабление отрицательного воздействия фактора на здоровье людей достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, лечебно-профилактических мероприятий, систем жизнеобеспечения и непосредственно повышения устойчивости человека к неблагоприятному воздействию окружающей среды. Законодательную роль при этом играет **гигиеническое нормирование факторов среды обитания**.

Здоровье населения и окружающая среда

Здоровье - это процесс сохранения и развития биологических, физиологических, психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности человека при максимальной продолжительности его жизни (В.П.Казначеев).

Определение Всемирной организации здравоохранения ВОЗ (1946): “**Здоровье - это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов**».

Существует несколько понятий здоровья, имеющих разное содержание:

- **общебиологическое** (философское), которое дает установку на трактовку понятий нормы (здоровья) и болезней у всякого живого организма, и из которого вытекают специальные определения здоровья;
- **популяционное** (здоровье населения, группы людей, популяции);
- **индивидуальное** - здоровье отдельного человека, которое необходимо рассмотреть с двух позиций: 1. теоретическая - т.е. как максимально возможный оптимум, к которому надо стремиться, но которого невозможно достичь. 2 - практическая - как фактическая характеристика уровня здоровья конкретного человека

Наиболее часто применяемые определения понятий здоровья.

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

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

Индивидуальное теоретическое здоровье -

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

Индивидуальное фактическое здоровье -

состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои социальные и биологические функции.

Значительно выше стала зависимость состояния здоровья человека от социально-экономических условий, среды его обитания.

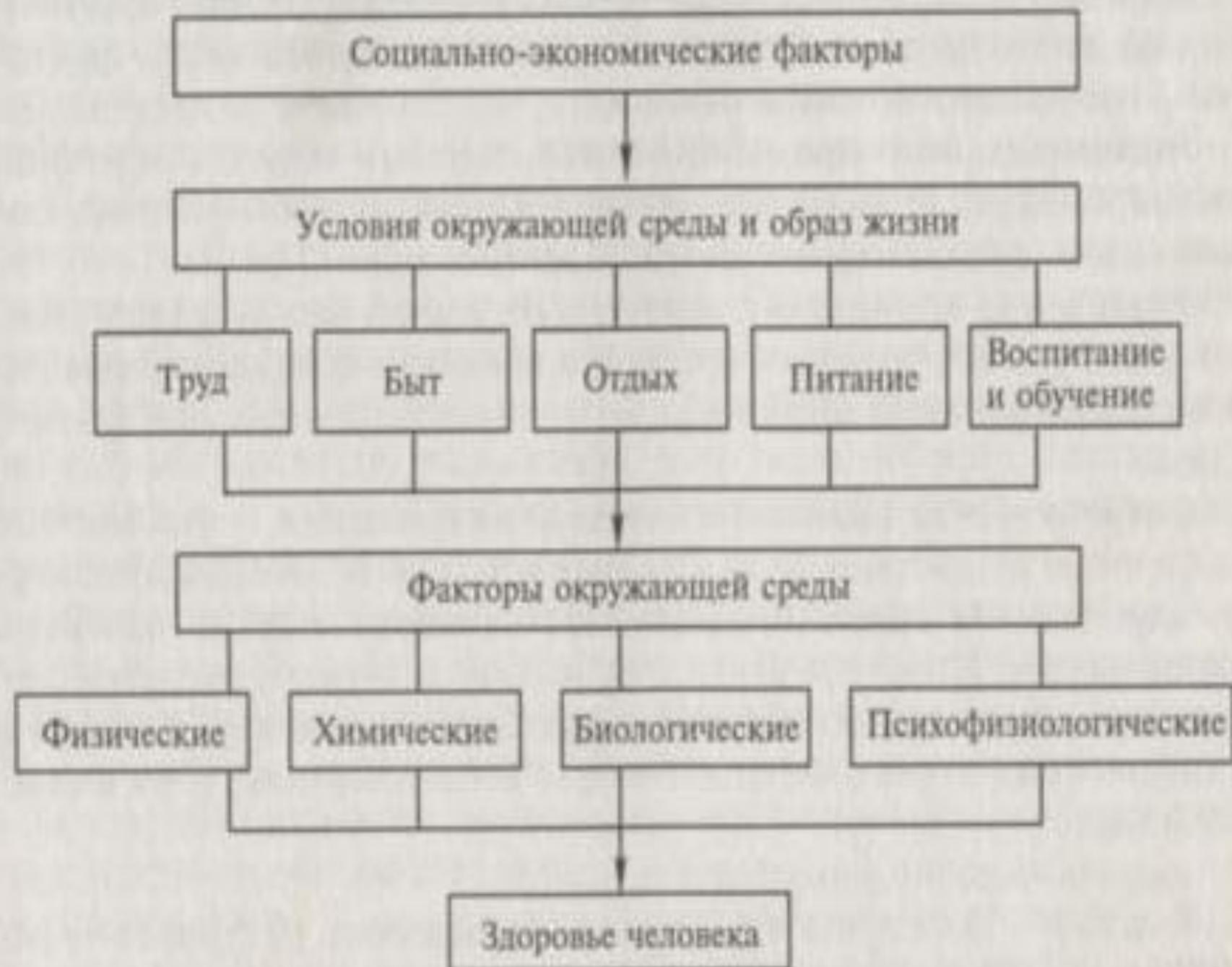
- появилась другая скорость изменения показателей здоровья (физическое развитие, заболеваемость, инвалидность, смертность);

- произошли характерные демографические изменения - постарение населения, урбанизация, сдвиги в структуре смертности;

- появился ряд заболеваний, частота которых резко возросла в последние годы (заболевания органов кровообращения, опорно-двигательного аппарата, отравления, травмы);

- увеличилась численность заболеваний, которые раньше реже встречались (эндокринные, аллергические, болезни иммунной системы, врожденные пороки);

- возросла заболеваемость некоторыми инфекционными заболеваниями (туберкулез, СПИД, гепатит, лейкоз).



Среда обитания - это пространство, в котором осуществляется жизнедеятельность организма: жилой дом, место отдыха, рабочее место и т.д.

Производственная среда - часть окружающей человека среды (среда обитания) образованная вредными и опасными производственными факторами и условиями, характеризующими рабочее место и воздействующими на человека в процессе трудовой деятельности.

По данным **Ю.П.Лисицина** в основном на здоровье человека влияют:

- **образ жизни** (табакокурение, употребление алкоголя, питание, употребление лекарств, условия труда, гиподинамия, материально-бытовые условия и др.) - на 49- 53%;
- **генетические и биологические факторы** - на 18-22%;
- **состояния здравоохранения** (качественная медпомощь, эффективность профилактических мероприятий) на 8-10%
- **окружающая среда** (природно-климатические факторы, качество объектов окружающей среды) на 17-20%.

Факторы, влияющие на здоровье человека



Вместе с тем фактор окружающей среды может быть причинно-этиологическим, в развитии конкретных заболеваний. Так следствием воздействия экологических факторов является развитие таких хронических заболеваний как болезнь **Итай-итай**, обусловленная поливом рисовых полей водой, содержащей кадмий. **Болезнь Минамата**, связанная с загрязнением ртутьсодержащими промышленными стоками морской и речной воды и др.

Показатели здоровья населения

В «Концепции охраны здоровья населения Российской Федерации на период до 2005года» и «Концепции демографического развития РФ на период до 2015 года», одобренных Правительством РФ, приведена характеристика здоровья населения и пути улучшения здоровья.

В неблагоприятных экологических условиях в нашей стране проживает более половины населения, что приводит к возникновению экологически обусловленных заболеваний. Вследствие неудовлетворительных условий труда распространены профессиональные и производственно обусловленные заболевания. По данным Министерства здравоохранения и социального развития РФ состояние здоровья населения ухудшается.

Туберкулезом в РФ болеют 2,5 млн. человек, сахарным диабетом 1,7 млн., психическими заболеваниями 3,5 млн., заболеваниями костно-мышечной системы - 10,7 млн., заболеваниями сердечно-сосудистой системы - 19,2 млн., ежегодно фиксируется 9,3 млн. - травм и отравлений (300 тыс. из них со смертельным исходом). Количество случаев с болезнями крови увеличилось в 2.5 раза, с заболеваниями мочеполовой системы - в 4 раза, органов дыхания на 27,8%. Высока распространенность бытового пьянства, которое является причиной в 70% числа несчастных случаев. Свыше 6 млн. человек употребляют психоактивные вещества, что является причиной распространения ВИЧ инфекции. Более 70% людей не занимаются физической культурой, одна третья часть нашего населения имеют избыточную массу тела от нерационального питания. Увеличилось в 2 раза количество курящих людей.

По данным кафедры медицинской экологии СПб МАПО (Санкт-Петербург) доля неблагоприятного влияния на здоровье экологических факторов составляет 30%, медицинских причин - 19%, социальных факторов 16%, вредных производственных факторов 15%, жилищно-бытовых условий - 20%. Ежегодно **увеличивается** число лиц, получивших **инвалидность**. На общую инвалидность как следствие нарушения здоровья вследствие перенесенных заболеваний и заболеваний от неблагоприятной среды обитания, повлиявших на ухудшение здоровья более 80% приходится на сердечно-сосудистые заболевания, 6% - на онкологические, 3% - психические, 2% - болезни костно-мышечной системы.

Показатели инвалидности по профессиональным заболеваниям составляют около 0,1% (находятся на 12 месте). Общая смертность населения в стране возросла в 1,5 раза по таким заболеваниям как сердечно-сосудистые, онкологические, травмы и несчастные случаи по сравнению со смертностью в развитых странах. Наблюдается высокая смертность лиц трудоспособного возраста (80% - мужчины). Мужчины умирают в 4 раза чаще, чем женщины, а женщины в 2-4 раза умирают чаще, по сравнению с развитыми странами.

О состоянии здоровья работающего населения можно судить по показателям заболеваемости с временной утратой трудоспособности (больничным листком).

Так как на работника **влияют несколько вредных производственных факторов**, поэтому у 15-20% выявляются несколько заболеваний.

Например, если рабочий подвергается воздействию вибрации, шума, производственной пыли, имеет физические перегрузки, у него могут одновременно развиваться такие профессиональные заболевания как **пневмокониоз, вибрационная болезнь, тугоухость** и т.д.

Адаптация человека к условиям окружающей среды (среды обитания)

Характеристика процессов адаптации

При рассмотрении роли восприимчивости организма к воздействию факторов окружающей среды (среды обитания человека) важное значение имеет понятие **гомеостаза, резистентности организма, механизмов саморегуляции, адаптации и компенсации.**

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

Внешние раздражители

К ним относятся **физические, химические, биологические, психогенные и другие** факторы контактирующих с человеческим организмом объектов окружающей среды (температура, влажность, подвижность и химический состав воздуха, шум, вибрация, электромагнитное излучение, состав воды, пищи и др.).

Основные константы гомеостаза (кислотноосновное равновесие, артериальное и внутричерепное давление, тепловое равновесие, газообмен и пр.) поддерживаются сложными механизмами **саморегуляции**, в которых участвуют нервная, эндокринная и другие системы, многочисленные экстеро- и интерорецепторы, баро- и хеморецепторы, реагирующие на изменения внутренней и внешней среды организма.

С точки зрения биофизики саморегуляцию можно рассматривать как **реакцию системы, открытой по отношению к внешней среде**, т.е. свободно обменивающейся с последней энергией и веществом.

При этом динамическое равновесие процессов притока и оттока вещества и энергии обеспечивает необходимый уровень стабильного состояния живой системы, постоянство внутренней среды и различных градиентов на ее границах, определяющих нормальное функционирование в данных условиях клеток, органов, систем и организма в целом.

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

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

Адаптация - способность организма приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям окружающей среды, выработанная в процессе эволюционного развития.

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

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

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

Неблагоприятные изменения в здоровье человека могут возникать значительно быстрее при воздействии на организм вредных и опасных факторов среды (**радиация, физические и нервно-психические перегрузки, шум, химические соединения** и пр.), к которым в процессе эволюции еще не выработались защитно-приспособительные механизмы.

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

Общие принципы и механизмы адаптации

Существуют два типа приспособлений к внешним факторам

Пассивный

Активный.

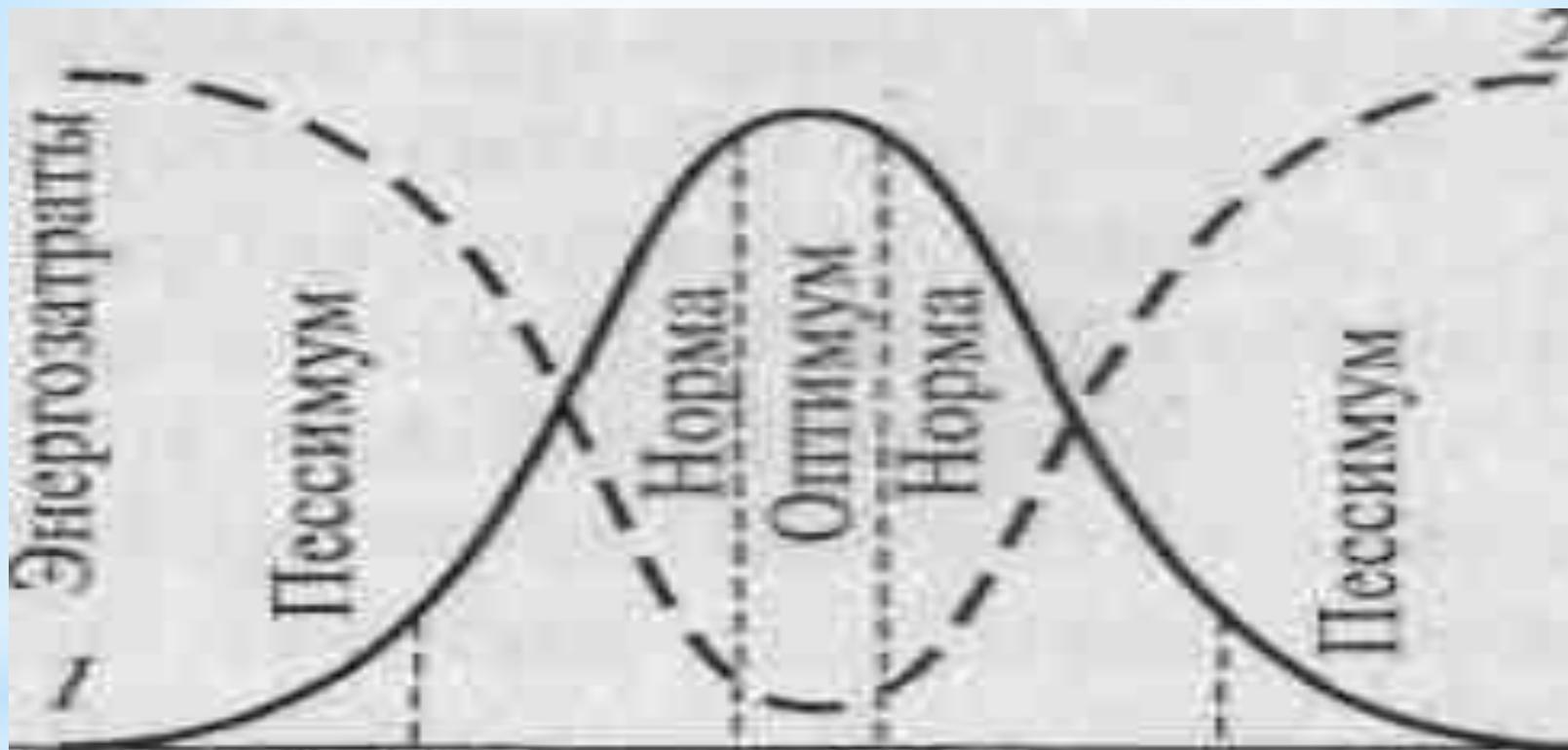
Первый заключается в формировании определенной **степени устойчивости** к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его действия. Это **адаптация по типу толерантности** (выносливость) — **пассивный** путь адаптации.

Второй тип приспособления — **активный**. С помощью особых специфических адаптивных механизмов организм человека **компенсирует изменения** **воздействующего фактора** таким образом, что внутренняя среда остается относительно постоянной. Происходит **адаптация по резистентному** (сопротивление, противодействие) **типу**.

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

Специфические адаптивные механизмы, свойственные человеку, дают ему возможность переносить определенный размах отклонений фактора от оптимальных значений без нарушения нормальных функций организма.

Схема влияния количественного выражения факторов окружающей среды на жизнедеятельность организма



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

Диапазон между этими двумя значениями называется **пределами толерантности** (выносливости), а **кривая**, характеризующая зависимость переносимости от величины фактора, называется **кривой толерантности**. **Зоны количественного выражения фактора**, отклоняющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельности, определяются как **зоны нормы**. Таких зон две, соответственно отклонению от оптимума в сторону недостатка дозировки фактора и в сторону его избытка.

Дальнейший сдвиг в сторону недостатка или избытка фактора может снизить эффективность действия адаптивных механизмов и даже нарушить жизнедеятельность организма

При крайнем недостатке или избытке фактора, приводящем к патологическим изменениям в организме, выделяют **зоны пессимума** (причинять вред, терпеть ущерб). За пределами этих зон количественное выражение фактора таково, что полное напряжение всех приспособительных систем оказывается малоэффективным. Эти крайние значения приводят к летальному исходу, **за пределами** этих значений **жизнь невозможна**.

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

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

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

Г.Селье установил четыре стадии фазового течения адаптации.

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

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

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

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

Комплекс адаптивных реакций организма человека, обеспечивающий его существование в экстремальных условиях, получил название **нормы адаптивной реакции**. Процесс индивидуальной адаптации обеспечивается формированием изменений в организме, нередко носящих характер **предпатологических** или даже патологических реакций. Эти изменения, как следствие общего стресса или напряжения отдельных физиологических систем, представляют собой своеобразную **«цену адаптации»**. Например, процесс адаптации к условиям Крайнего Севера может длиться десятки лет. При этом возможны временные **срывы адаптации** – повышенная заболеваемость органов дыхания, язвенная и сердечно-сосудистые болезни.

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

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

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

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

Общие меры повышения устойчивости организма

Управлять адаптацией, способствовать повышению выносливости своего организма - эту цель должны ставить перед собой люди. Самое главное условие для поддержания устойчивого гомеостаза организма, а следовательно, и механизма адаптационных процессов, — гармонизация жизнедеятельности человека со средой его обитания. Одно из необходимых условий для этого — своевременное и **рациональное питание**. Недостаточность или избыточность питания и нарушение соотношений питательных веществ в рационе питания сказываются на деятельности организма, снижают его сопротивляемость и, следовательно, способности к адаптации. **Благоприятные условия труда и отдыха**, в том числе режим сна и бодрствования, отдыха и труда - также необходимое условие нормального функционирования организма.

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

Виды взаимодействия человека со средой обитания

В процессе жизнедеятельности человек и среда постоянно находятся во взаимодействии друг с другом, образуя систему «человек-среда обитания».

Жизнедеятельность - это повседневная деятельность человека и способ его существования.

Среда обитания - окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (**физических, химических, биологических, социальных**), способных оказывать **прямое** или **косвенное, немедленное** или **отдаленное** воздействие на человека, его здоровье и потомство.

Основная причина его взаимодействия со средой обитания направлена на решение двух основных задач:

- обеспечение своих потребностей в пище, воде и воздухе;
- создание и использование защиты от негативных воздействий среды обитания.

Совместимость человека и природы

В системе «человек-среда обитания» происходит непрерывный обмен потоками вещества, энергии и информации, которые имеют естественную, техногенную, связанную с производством и использованием техники и технологий, и антропогенную, вызванную деятельностью человека, природу. Они зависят от масштабов преобразующей деятельности человека и от состояния среды обитания. Потоки веществ, энергий и информации определяют характер взаимодействия человека со средой обитания, который может быть **ПОЗИТИВНЫМ И НЕГАТИВНЫМ**.

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в комфортных условиях, когда потоки вещества, энергии и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека и/или окружающую среду.

На всех этапах своего развития человек непрерывно воздействовал на среду обитания, и в результате на земле в XX веке возникли зоны повышенного **антропогенного и техногенного влияния** на природную среду, что привело к частичной и к полной ее региональной деградации.

Этим негативным процессам способствовали высокие темпы роста численности населения, урбанизация, рост потребления энергетических ресурсов, интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, массовое использование средств транспорта и др. процессов. В результате активной техногенной деятельности человека создан новый тип среды обитания - **техносферу**. Создавая ее человек стремился к повышению комфортности среды обитания, к обеспечению защиты от естественных негативных воздействий. Однако, созданная руками человека техносфера во многом не оправдала надежды людей.

Появившаяся производственная и городская среды оказались далеки по уровню безопасности от допустимых требований. Поэтому велика значимость знаний медико-биологических основ безопасности для профессиональной деятельности инженера.

Совместимость человека и технической системы

Выделяют пять видов совместимостей, обеспечение которых гарантирует успешное функционирование системы:

информационная, биофизическая, энергетическая, пространственно-антропометрическая и технико-эстетическая.

1. Информационная совместимость. В сложных системах оператор обычно непосредственно не управляет технологическими процессами. Он удален от места их выполнения на значительные расстояния. Объекты управления могут быть невидимыми, неосязаемыми, неслышимыми. Оператор видит показания приборов, экранов, мнемосхем, слышит сигналы, свидетельствующие о ходе процесса. Все эти устройства называют **средствами отображения информации (СОИ)**. При необходимости оператор пользуется рычагами, ручками, кнопками, выключателями и др. органами управления, в совокупности образующими **сенсомоторное поле**.

СОИ и сенсомоторные устройства - так называемая **информационная модель машины** (комплекса). Через нее оператор осуществляет управление самыми сложными системами. Задача **эргономики** (которая стремится приспособить технику к человеку), обеспечить такую информационную модель, которая отражала бы все нужные характеристики машины в данный момент и в то же время позволяла оператору безошибочно принимать и перерабатывать информацию, не перегружая его внимание и память. Это очень сложная задача, от решения которой зависят: **безопасность, точность, качество и производительность труда оператора.**

Таким образом, информационная модель должна соответствовать психофизиологическим возможностям человека. В этом и заключается требование информационной совместимости.

2. Биофизическая совместимость

Подразумевает создание такой окружающей среды, которая обеспечивает приемлемую работоспособность и нормальное физиологическое состояние оператора. Это стыкуется с требованиями безопасности труда.

Предельные значения для многих факторов окружающей среды установлены законодательством, но они не всегда увязаны с функциональными задачами оператора. Поэтому при разработке технологических процессов появляется необходимость специального исследования параметров **шума, вибрации, освещенности, воздушной среды** и др.

3. Энергетическая совместимость

Предусматривает согласование управления машиной с оптимальными возможностями оператора в отношении прилагаемых усилий, затрачиваемой мощности, скорости и точности движений. Силовые и энергетические параметры человека имеют определенные границы. Для приведения в действие сенсомоторных устройств (рычагов, кнопок, переключателей и т.п.) могут потребоваться очень большие или чрезвычайно малые усилия. И то, и другое плохо. В первом случае человек будет уставать, что может привести к нежелательным последствиям в управляемой системе. Во втором случае возможно снижение точности работы системы, так как оператор не почувствует сопротивления рычагов.

4. Пространственно-антропометрическая совместимость

Предполагает учет размеров тела человека, возможности обзора внешнего пространства, положение оператора в процессе работы. При решении этой задачи определяют объем рабочего места, зоны досягаемости для конечностей оператора до приборного пульта. Некоторая сложность в обеспечении этой совместимости заключается в том, что антропометрические данные у всех людей разные.

5. Техничко-эстетическая совместимость

Заклучается в обеспечении удовлетворенности человека от общения с машиной, от процесса труда. Всем знакомо положительное ощущение при пользовании изящно выполненным прибором или устройством. Для решения многочисленных и чрезвычайно важных технико-эстетических задач привлекают художников конструкторов и дизайнеров.

Физиология труда

Физиология труда - раздел нормальной физиологии и гигиены труда, изучающий изменения функционального состояния организма человека под влиянием производственной деятельности и разрабатывающий физиологически обоснованные средства организации трудового процесса, способствующие предупреждению утомления и поддержанию высокого уровня работоспособности.

Задачи физиологии труда:

- изучение физиологических закономерностей при физических, нервно-психических нагрузках при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, микроклимата и др.);
- исследование физиологических механизмов, определяющих динамику работоспособности человека в современных производственных условиях;
- разработка физиологических основ мероприятий с целью повышения работоспособности и снижения утомления.

Условия труда - это совокупность **факторов** **производственной среды** и **трудового процесса**, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника. Сочетание различных факторов, формируемых в производственной среде, определяет условия труда работающих на производстве. Они оказывают влияние на здоровье и работоспособность человека. Различают три функциональных состояния организма как реакцию на воздействие условий труда: **нормальное**, **пограничное (между нормой и патологией)** и **патологическое**. Эти состояния используют в качестве физиологической шкалы для определения **тяжести и напряженности труда**.

Нормальное функциональное состояние организма.

Условия работы соответствуют **ПДК и ПДУ**.

Работоспособность не нарушается, отклонений в состоянии здоровья в связи с профессиональной деятельностью не наблюдается на протяжении всей трудовой деятельности человека.

Пограничное функциональное состояние.

У практически здоровых людей в процессе труда ухудшается большинство физиологических показателей (особенно в конце смены или недели). Появляются типичные производственно обусловленные предзаболевания.

Патологическое функциональное состояние.

Условия труда, которые в конце смены, недели формируют реакции, характерные для патологического функционирования организма у практически здоровых людей, исчезающие у большинства работников после полноценного отдыха. Однако у некоторых работников они могут перейти в **производственно- обусловленные и профессиональные заболевания.**

Тяжесть труда - характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы (сердечнососудистую, дыхательную и др.) обеспечивающие его деятельность.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на ЦНС.

Труд является целесообразной деятельностью человека, направленной на создание потребительской стоимости.

В социальном плане, труд является источником материальных благ и основой формирования общества.

В историческом аспекте развития деятельности человека можно выделить три стадии труда:
ручной, механизированный и автоматизированный.

Условно можно подразделить трудовую деятельность человека на 2 разновидности: **физическую и умственную.**

Физический труд характеризуется, в первую очередь, повышенной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и его функциональные системы (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего, это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производительностью, необходимостью высокого напряжения физических сил и потребностью в длительном - до 50 % рабочего времени - отдыхе.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активизации процессов мышления, эмоциональной сферы.

Для данного вида труда характерна **гипокинезия**, т.е. значительное снижение двигательной активности человека, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения.

Гипокинезия является одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии у лиц умственного труда. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

В современной трудовой деятельности доля физического труда остается значительной.

Физический труд характеризуется количеством энергии, затраченной на выполнение работы. В связи с этим все физические работы разделены на **3 категории**:

Легкие физические работы с энергозатратами до 172 Дж/с (150 ккал/час). К ним относятся, например, процессы точного приборостроения.

Работы средней тяжести с энергозатратами 172...203 Дж/с (150...250 ккал/час). Это работы в механосборочных, механизированных литейных, прокатных, термических цехах и т.п.

Тяжелые физические работы с энергозатратами > 203 Дж/с (>250 ккал/час), к которым относятся работы, связанные с систематическим физическим напряжением и переноской значительных (более 10 кг.) тяжестей. Это кузнечные цехи с ручной ковкой, литейные с ручной набивкой и заливкой опок и т.п.

В настоящее время меняется соотношение между умственным и физическим трудом. Для освоения новой технологии и современной техники требуются не только высококвалифицированные инженеры, но и рабочие новой формации. На смену рабочим, занятым физическим трудом, приходят специалисты, основная деятельность которых, связана с умственным напряжением.

Умственная деятельность, это - деятельность, прежде всего, центральной нервной системы, ее высшего отдела - коры головного мозга. В отличие от физической, при умственной работе происходит сужение сосудов конечностей и расширение сосудов внутренних органов. **Потребление кислорода мозгом при умственной работе увеличивается в 15...20 раз по сравнению с физической.**

Для выполнения умственной работы требуется значительное нервно-эмоциональное напряжение, что вызывает значительные изменения кровяного давления, пульса, повышение уровня сахара в крови. Длительная работа в условиях эмоционально-нервного напряжения может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы.

Хорошо известно, что кардиосклероз и атеросклероз чаще встречаются у работников умственного труда. Поэтому, классификация тяжести работ только по энергозатратам дает не полное представление о воздействии на организм человека.

Для правильной оценки всех возможных факторов нужна более полная классификация условий труда.

По организации трудового процесса, по равномерности нагрузки, по степени эмоционального напряжения умственные формы труда подразделяются следующим образом.

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим важное значение для оптимизации условий труда и его рациональной организации.

Уровень энергозатрат определяют методом полного газового анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделенного углекислого газа).

С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии.

Под **гигиеническими нормативами условий труда** понимают уровни вредных производственных факторов, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа не должны вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомства.

Условия труда с этими нормативами при полном отсутствии вредных и опасных производственных факторов называют **безопасными условиями труда**.

Руководство Р 2.2.755-99 Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования РФ «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса»

определяет условия труда как совокупность факторов трудового процесса и производственной среды, в которой осуществляется деятельность человека.

Согласно [Руководству Р 2.2.755-99](#), исходя из гигиенических критериев, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

- Оптимальные условия труда – обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека.

- Допустимые условия труда – характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест.

Изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены, они не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Оптимальный и допустимый классы соответствуют безопасным условиям труда.

- Вредные условия труда – характеризуются уровнями вредных производственных факторов, превышающими гигиенические нормативы и оказывающими неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство.

- Опасные (экстремальные) условия труда – характеризуются такими уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

Комплексная оценка факторов условий труда производится на основании медико-физиологической классификации тяжести работ.

Под тяжестью работ понимается степень совокупного воздействия всех факторов условий труда на здоровье человека и его работоспособность. Классификация выделяет **шесть категорий тяжести работ**:

1. Работы, выполняемые **в оптимальных условиях** рабочей среды, при благоприятной физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузке.
2. Работы, выполняемые **в условиях, соответствующих ПДК и ПДУ** производственных факторов по действующим ГОСТам и инженерно-психологическим требованиям.

3. Работы, при которых, вследствие не вполне благоприятных условий труда, у людей формируются реакции, характерные **для пограничного состояния** организма (ухудшение некоторых показателей психофизиологического состояния к концу работы, ухудшение функциональных показателей в момент трудового усилия и т.п.).

4. Работы, которые, в результате воздействия неблагоприятных условий труда, приводят к реакциям, характерным **для патологического состояния** у большинства людей. Поддержание работоспособности осуществляется за счет перенапряжения механизмов, компенсирующих нарушения функций организма.

5. Работы, при которых, в результате воздействия весьма неблагоприятных условий труда, у людей в конце рабочего периода формируются реакции, характерные для патологического функционального состояния организма.

Патологические - болезненные, ненормальные изменения тканей и органов под влиянием болезни.

6. Работы, при которых, патологические реакции формируются вскоре после начала трудового периода (смены, недели и т.п.)

Связь рассмотренных категорий тяжести работ с уровнями факторов условий труда по ГОСТ 21035-75

устанавливается следующим образом: первые две категории тяжести соответствуют комфортным условиям труда, третья - относительно-дискомфортным, четвертая и пятая - экстремальным, шестая - сверхэкстремальным.

Для определения категории тяжести работ, каждый из факторов условий труда, реально действующий на рабочем месте на человека, оценивается по шестибальной системе по специальным таблицам. Затем определяется интегральная балльная оценка тяжести труда по следующей формуле:

$$U_T = 10 \left(X_{\max} + \frac{6 - X_{\max}}{6 - (n - 1)} \sum_{i=1}^{i=n-1} X_i \right)$$

где U_T - интегральная балльная оценка;

X_i - балльная оценка реально-действующего фактора (температура воздуха в помещении, наличие токсичных веществ, пыли, воздействие шума, вибраций, физическая нагрузка, сменность работы, нервно-эмоциональная нагрузка и т.п.). Для определения балльной оценки X_i , его реально-действующее значение сравнивается с табличными значениями.

X_{max} - максимальная из полученных балльных оценок;
 n - количество учитываемых факторов (X_{max} не входит в $\dot{a}X_i$).

Если какой - либо из факторов действует не в течение всей смены, а эпизодически, то его балльная оценка определяется как

$$X_{\phi i} = X_i \frac{t_{\phi}}{t_{см}}$$

где t_{ϕ} - суммарное время действия фактора;
 $t_{см}$ - продолжительность рабочей смены.

Функциональное напряжение организма

Энергетическое (при физическом труде)

Классифицируется по уровню энергозатрат с учетом вида нагрузки (статическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

Эмоциональное (при умственном труде, когда имеет место информационная перегрузка)

При классификации учитывают эргономические показатели:

- сменность труда

- поза

- число движений и.т.

д.

**Работоспособность и ее
критерии.**

Утомление и его компоненты.

Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от нескольких факторов: от организации труда, условий труда, технико-организационных мероприятий, от организации рабочего места, а также от наличия определенной работоспособности.

Работоспособность - это величина функциональных возможностей организма, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Уровень функциональных возможностей зависит от условий труда, состояния здоровья, возраста, степени тренированности, мотивации к труду и др. факторов. На уровень и динамику работоспособности существенное влияние оказывает специфика и особенности каждой конкретной деятельности. Состояние работоспособности оценивается по физиологическим показателям функционального состояния ЦНС, нервно-мышечного аппарата, сердечнососудистой и дыхательной систем, обеспечивающих данную конкретную деятельность.

Работоспособность проявляется в поддержании заданного уровня деятельности в течение определенного времени и обуславливается двумя основными группами факторов - внешними и внутренними. Внешняя информационная структура сигналов (количество и форма предъявления информации), характеристика рабочей среды (удобство рабочего места, освещенность, температура и др.); взаимоотношения в коллективе. Внутренние - уровень подготовки, тренированность, эмоциональная устойчивость. Предел работоспособности - величина переменная; изменение ее во времени называют **динамикой работоспособности**.

Вся деятельность протекает по фазам:

- 1. Предрабочее состояние** (фаза мобилизации) - субъективно выражается в обдумывании предстоящей работы (идеомоторный акт), вызывает определенные предрабочие сдвиги в нервно-мышечной системе, соответствующие предстоящей работе.

2. Вработываемость или стадия нарастающей работоспособности (фаза гиперкомпенсации) - период, в течение которого совершается переход от состояния покоя к рабочему, т.е. преодоление инертности покоя системы и налаживание координации между участвующими в деятельности системами организма.

Длительность периода вработываемости может быть значительной. Например, утром после сна все характеристики сенсомоторной реакций значительно ниже, чем в дневное время. Производительность труда в эти часы ниже. Этот период может занять от нескольких минут до двух-трех часов. На длительности периода сказывается интенсивность работы, возраст, опыт, тренированность, отношение к работе.

3). **Период устойчивой работоспособности** (фаза компенсации - здесь устанавливается оптимальный режим работы систем организма, вырабатывается стабилизация показателей. Его длительность составляет $2/3$ время работы). Эффективность труда максимальная. В этот период наблюдается равновесное потребление и расходование кислорода.

Период устойчивой работоспособности служит важнейшим показателем выносливости человека при данном виде работы и заданном уровне ее интенсивности.

4) **Период утомления** (фаза декомпенсации).

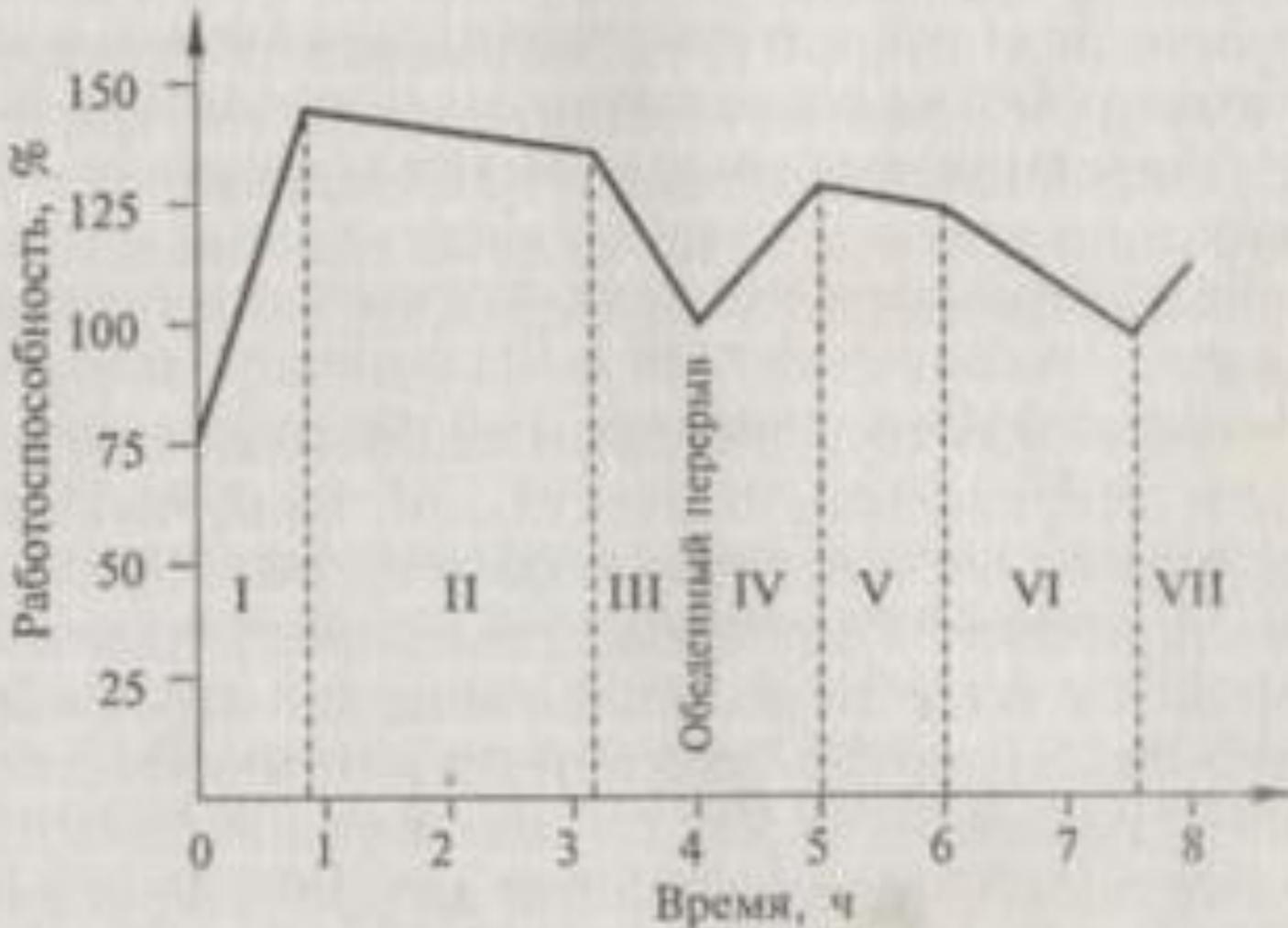
Характеризуется снижением продуктивности, замедляется скорость реакции, появляются ошибочные и несвоевременные действия, физиологическая усталость.

5). **Период возрастания продуктивности** за счет эмоционально-волевого напряжения.

6). **Период прогрессивного снижения** работоспособности и эмоционально-волевого напряжения.

7). **Период восстановления**. Продолжительность зависит от тяжести проделанной работы, величины сдвигов в деятельности нервно-мышечной и дыхательной систем. После легкой однократной работы этот период длится 5 мин. После тяжелой однократной работы - 60-90 мин, а после длительной физической нагрузки восстановление может наступить через несколько дней.

В течение суток работоспособность также изменяется определенным образом.



На кривой работоспособности, записанной в течение суток, выделяют **три интервала**, отражающих колебания работоспособности.

С 6 до 15 ч. - первый интервал, во время которого работоспособность постепенно, она достигает своего максимума к 10-12 ч, затем постепенно начинает понижаться. **Во втором интервале (15-22 ч)** она повышается. Достигая максимума к 18 ч., а затем начинается уменьшаться до 22 ч. **Третий интервал (22-6 ч)** характеризуется тем, что работоспособность существенно снижается и достигает максимума около 3 ч. утра, затем начинает возрастать, оставаясь при этом ниже среднего уровня.

В зависимости от вида работы инженерная психология рекомендует следующие ограничения ее продолжительности.

1. Задание, которое не требует высокого уровня двигательных навыков и связано с многократным повторением простых движений, - не более 8 час.
2. Постоянная тяжелая работа с необходимыми перерывами, - не более 6 ч.
3. Ответственная работа, связанная с необходимостью принимать решения на основе информации, меняющейся случайным образом, - не более 4 час.
4. Очень ответственная работа, но монотонная, требующая исключительной точности движений и очень большой скорости ответной реакции, причем время на расслабление не дается, - не более 2 ч.

По дням недели работоспособность также меняется.

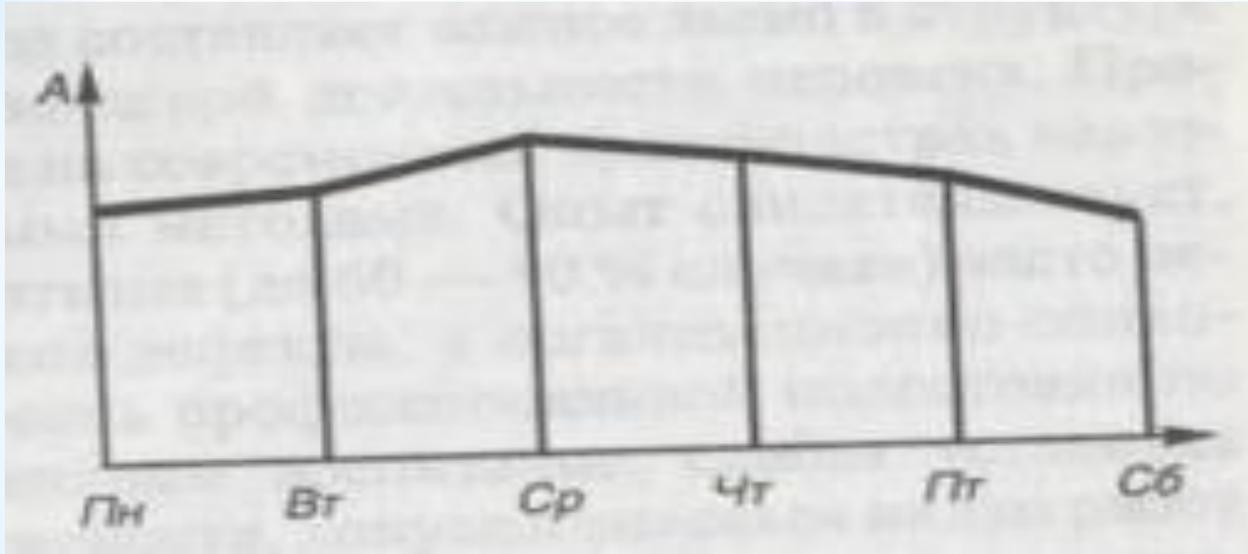


График изменения работоспособности по дням недели

Врабатывание приходится на понедельник, высокая работоспособность - на вторник, среду, четверг, а развивающееся утомление - на пятницу и особенно в субботу.

Утомление - напряжение, связанное с временным снижением работоспособности, вызванным длительной работой. Утомление является одним из самых распространенных факторов, оказывающих существенное влияние на эффективность и безопасность деятельности. Утомление представляет собой сложный и разнородный комплекс явлений. Полное содержание его определяет не только физиологическим, но также психологическим, результативно производственным и социальным факторами.

Утомление можно рассматривать в трех сторон:

1. со стороны субъективной - как психическое состояние;
2. со стороны физических механизмов;
- 3 -со стороны понижения эффективности труда.

Компоненты утомления (субъективные психические состояния):

1) **чувство слабосилия**. Утомление сказывается в том, что человек чувствует снижение своей работоспособности, даже когда производительность труда не падает. Это снижение работоспособности выражается в переживании особого, тягостного напряжения и в неуверенности; человек чувствует, что не в силах должным образом продолжать работу;

2) **расстройство внимания**. Внимание - одна из наиболее утомляемых психических функций. В случае утомления внимание легко отвлекается, становится вялым, малоподвижным или, наоборот, хаотически подвижным, неустойчивым;

3) **расстройство в сенсорной области.** Таким расстройством под влиянием утомления подвергаются рецепторы, которые принимали участие в работе. Если человек долго читает без перерывов, то, по его словам, у него начинает «расплываться» в глазах строки текста. Продолжительная ручная работа может привести к ослаблению тактильной чувствительности;

4) **нарушение в моторной сфере.** Утомление сказывается в замедлении или беспорядочной торопливости движений, расстройстве их ритма, в ослаблении точности и координированности движений, их деавтоматизации

- 5) **дефекты памяти и мышления**. Эти дефекты также относятся непосредственно к той сфере, с которой связана работа. Например, в состоянии сильного утомления оператор может забыть инструкцию и одновременно хорошо помнить все, что не имеет отношения к работе. Мыслительные процессы особенно нарушаются при утомлении от умственной работы, но при физической работе человек нередко жалуется на понижение сообразительности и умственной ориентации;
- 6) **ослабление воли**. При утомлении ослабляются решительность, выдержка и самоконтроль, отсутствует настойчивость;
- 7) **сонливость**. При сильном утомлении возникает сонливость как выражение охранительного торможения. Потребность во сне при изнурительности такова, что человек засыпает в любом положении, например, сидя.

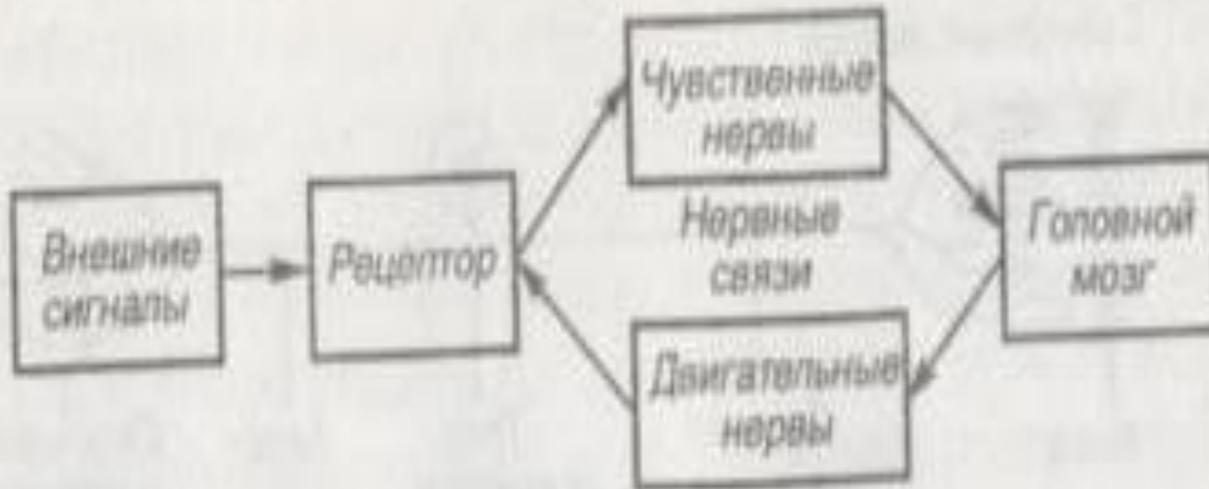
Отмеченные психологические показатели утомления проявляются в зависимости от его силы. Бывает слабое утомление, при котором не происходит значительных изменений в психике. Такое утомление сигнализирует о необходимости принять меры, чтобы не понизилась работоспособность. Вредно переутомление, при котором резко понижается работоспособность и тем самым безопасность деятельности. При переутомлении нарушения в психической сфере очень заметны.

Утомление протекает в динамике, в которой выделяются несколько стадий.

1 стадия - проявляется относительно слабым чувством усталости. Производительность труда остается прежней, либо незначительно понижается. **2 стадия** - понижение производительности труда становится заметным, что сказывается не только на качестве, но и на количестве выработки. **3 стадия** - характеризуется острым переживанием утомления, которое принимает форму переутомления. Кривая работы либо резко снижается, или же принимает «лихорадочную» форму, отражающую попытки человека сохранить человека прежний темп работы, который на данной стадии утомления может даже ускоряться, но оказывается неустойчивым, в конце концов рабочие действия становятся дезорганизованными. Человек чувствует невозможность продолжения работы, переживая при этом болезненное состояние.

Характеристика анализаторов

Коммуникационную функцию нервной системы выполняют анализаторы.



Функциональная схема анализаторов

Воздействие раздражителя на **рецептор** приводит к возникновению нервного импульса, который по **чувствительному** (афферентному) нерву передается в определенные участки коры больших полушарий головного мозга. Ответная реакция передается по **двигательному** (эфферентному) нерву от нервных центров к **эфферентным** (железам, мышцам), что дает возможность определенным и специфическим образом реагировать на те события во внешней среде, с которыми сталкивается организм.

Преобразование энергии внешнего воздействия в нервный импульс, его проведение в мозге, формирование ощущения и ответного действия - все это развернуто во времени. Отрезок времени от начала раздражения до возникновения ответной реакции называется **латентным (скрытым) периодом**. Он неодинаков для различных анализаторов

Длительность латентного периода для различных анализаторов

№	Вид анализатора	Латентный период, с
1.	Тактильный (прикосновение)	0,09 - 0,22
2.	Слуховой (звук)	0,12 - 0,18
3.	Зрительный (свет)	0,15- 0,22
4.	Обонятельный (запах)	0,31 - 0,39
5.	Температурный (тепло-холод)	0,28 -1,60
6.	Вестибулярный аппарат (при вращении)	0,40
7.	Болевой (рана)	0,13 - 0,83

В организме коммуникационную функцию обеспечивает периферическая нервная система, состоящая из **соматической нервной системы**, ответственной за взаимодействие организма с внешним миром, и **вегетативной**, регулирующей деятельность внутренних органов: сердца, легких, пищеварительного тракта, почек и др.

Вторую функцию нервной системы выполняет центральная нервная система, что включает широкий диапазон процессов - от простейших рефлексов на уровне спинного мозга до сложных мыслительных операций на уровне высших отделов головного мозга.

В процессе деятельности человек до 90 % всей информации получает через **зрительный анализатор**. Свет- это узкая полоса в спектре электромагнитных колебаний (380 – 760 нм), где энергия может восприниматься человеческим глазом. Световое раздражение тем интенсивнее (т. е. тем ярче), чем больше фотонов соответствует той или иной частоте.

Глаз функционирует наподобие фотоаппарата. Как и фотоаппарат, он способен изменять диаметр отверстия для прохождения света и наводит на фокус линзу для получения четкого изображения. Снабжен он и чувствительной поверхностью, где химическая структура пигментов, так же как и химическая структура фотопленки, способна изменяться под действием фотонов.

Прямые мышцы,
обеспечивающие
движение глаз

Конъюнктива

Радужная оболочка

Хрусталик

Роговица

Передняя камера

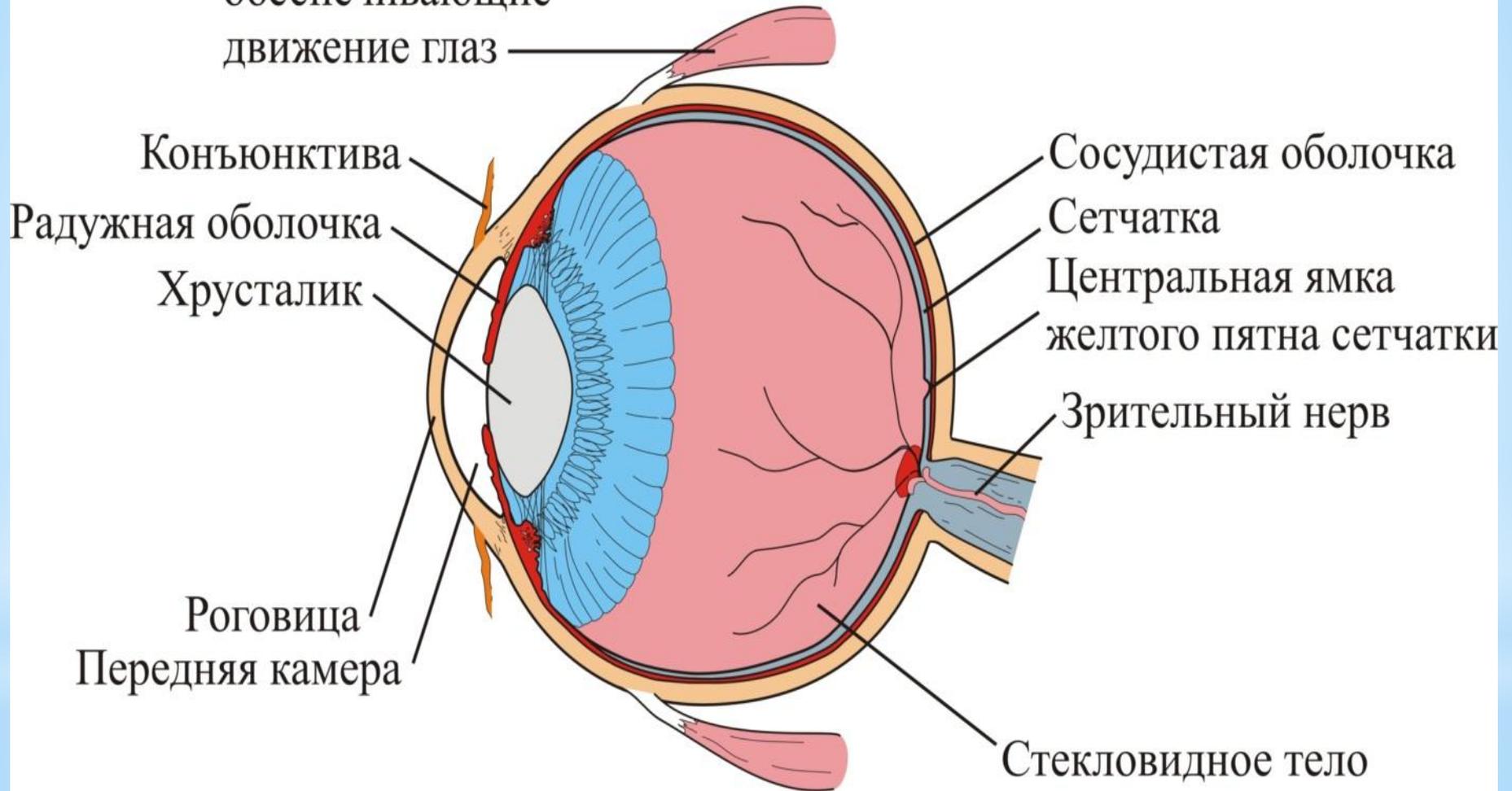
Сосудистая оболочка

Сетчатка

Центральная ямка
желтого пятна сетчатки

Зрительный нерв

Стекловидное тело



Световые лучи проникают в глаз через **роговицу**, которая концентрирует их перед проникновением в **водянистую влагу** — прозрачную жидкость, питающую роговицу и поддерживающую определенную форму глаза. Затем лучи проходят через **отверстие зрачка**, размер которого регулируется **радужной оболочкой** — при ярком свете он уменьшается, а в темноте увеличивается. После этого лучи фокусируются чечевицеобразным **хрусталиком**, который становится более плоским или более выпуклым в зависимости от того, удаляется ли фокусируемый предмет от глаза или приближается к нему; благодаря этому **процессу аккомодации** световые лучи, прошедшие через стекловидное тело (студенистое вещество, выполняющее примерно те же функции, что и водянистая влага), **формируют на сетчатке** глаза четкое **изображение**.

Рецепторами в сетчатке служат клетки, содержащие чувствительные к свету вещества – фотопигменты, разлагающиеся под действием фотонов и запускающие тем самым электрическую реакцию рецепторов. По периферии сетчатки распределены 120 млн. *палочек*, не способных различать цвета. Зрение в черных, серых и белых тонах не требует много света- палочки весьма эффективно функционируют и при слабом освещении.

Цветовое зрение обеспечивают 6-7 млн. *колбочек*, сосредоточенных в центральной области сетчатки, особенно в небольшой, с булавочную головку зоне, где около 50 тысяч колбочек образуют так называемую центральную ямку. Каждая колбочка содержит фотопигмент одного из трех типов, чем и определяется ее чувствительность к световым волнам той или иной длины - к красному, зеленому или синему цвету;

соответствующий дополнительный цвет то глаз различает 7 цветов и более сотни их оттенков.

Зрительный диапазон охватывает длины волн от 380 до 780 нм., где:

380...455 нм. - фиолетовый

455...470 нм. - синий

470...500 нм. - голубой

500...540 нм. - зеленый

540...590 нм. - желтый

590...610 нм. - оранжевый

610...780 нм. - красный

Наибольшая видимость соответствует желтому свету - днем и зелено-голубому - ночью и в сумерках.

Колбочки и палочки образуют целую сеть связей с двумя другими слоями клеток, расположенными впереди слоя рецепторов, сначала с *биполярными* клетками, а затем с *ганглиозными* клетками, которые посылают свои нервные волокна в составе зрительного нерва в головной мозг.

Таким образом, световые волны, прежде чем воздействовать на фоторецепторы (колбочки или палочки) и породить нервные сигналы в биполярных и ганглиозных клетках, вначале должны пройти сквозь два слоя этих самых клеток.

Ганглиозных клеток насчитывается около миллиона, т. е. на 130 рецепторных клеток в среднем приходится одна ганглиозная клетка.

Однако «концентрация» проводящих путей различна в зависимости от того, идет ли речь о палочках или о колбочках.

Информация от палочек передается по «общим» нервным путям, где одна ганглиозная клетка приходится на многие десятки палочек; что касается колбочек, то многие из них располагают «собственным», индивидуальным выходом в зрительный нерв и головной мозг. Такой характер передачи информации, наряду с тем фактом, что колбочки более плотно сконцентрированы в центральной ямке, позволяет понять, почему острота зрения максимальна именно в этой области сетчатки и почему предмет, изображение которого проецируется в центр сетчатки, всегда воспринимается отчетливее, чем предмет, расположенный ближе к периферии поля зрения.

Существует множество **аномалий зрения**. Есть среди них и такие, которые связаны с дефектами фоторецепторов и обуславливают цветовую и ночную («куриную») слепоту.

Цветовая слепота, называемая также **дальтонизмом**, — аномалия, которой страдают 5% всех людей.

Это **X-сцепленный рецессивный** тип наследования. Болеют преимущественно мужчины, действие мутантного гена проявляется только при ХУ-наборе хромосом. Вероятность рождения больного мальчика у матери, девочки практически здоровы, но половина из них являются носительницами мутантного гена, родители не болеют, больные появляются не в каждом поколении.

Дальтонизм обусловлен выпадением функций колбочек одного из трех типов — чаще всего тех, которые чувствительны к световым волнам, соответствующим красному или зеленому цвету. Больной не способен различать цвета, воспринимаемые здоровым человеком как «красный» и «зеленый». При этом его цветовое зрение ограничивается более или менее темными оттенками желтого, синего и серого цветов.

На 1 млн. людей приходится 25 человек, вообще не различающих цвета. Возможно, что это нарушение возникает в самом раннем детстве вследствие заболевания или же развивается в результате отравления загрязняющими веществами, а также может быть обусловлено наследственным дефектом.

Ночная слепота обусловлена нарушением функции палочек, которые, как уже отмечалось, являются единственными фоточувствительными элементами сетчатки, способными функционировать при слабом освещении. Это нарушение может возникнуть по многим причинам, это, например, недостаток витамина А, необходимого для восстановления зрительного пигмента палочек.

При оценке восприятия пространственных характеристик основным понятием является острота зрения, которая характеризуется минимальным углом, под которым две точки видны как отдельные. Острота зрения зависит от освещенности, контрастности, формы объекта и других факторов. При оптимальной освещенности (100-700 лк) порог разрешения составляет от 1 град до 5 мин. При уменьшении контрастности острота зрения снижается.

Точное восприятие зрительных сигналов и четкое различение деталей возможно только в центральной части поля зрения размером 3 градуса от оси во все стороны.

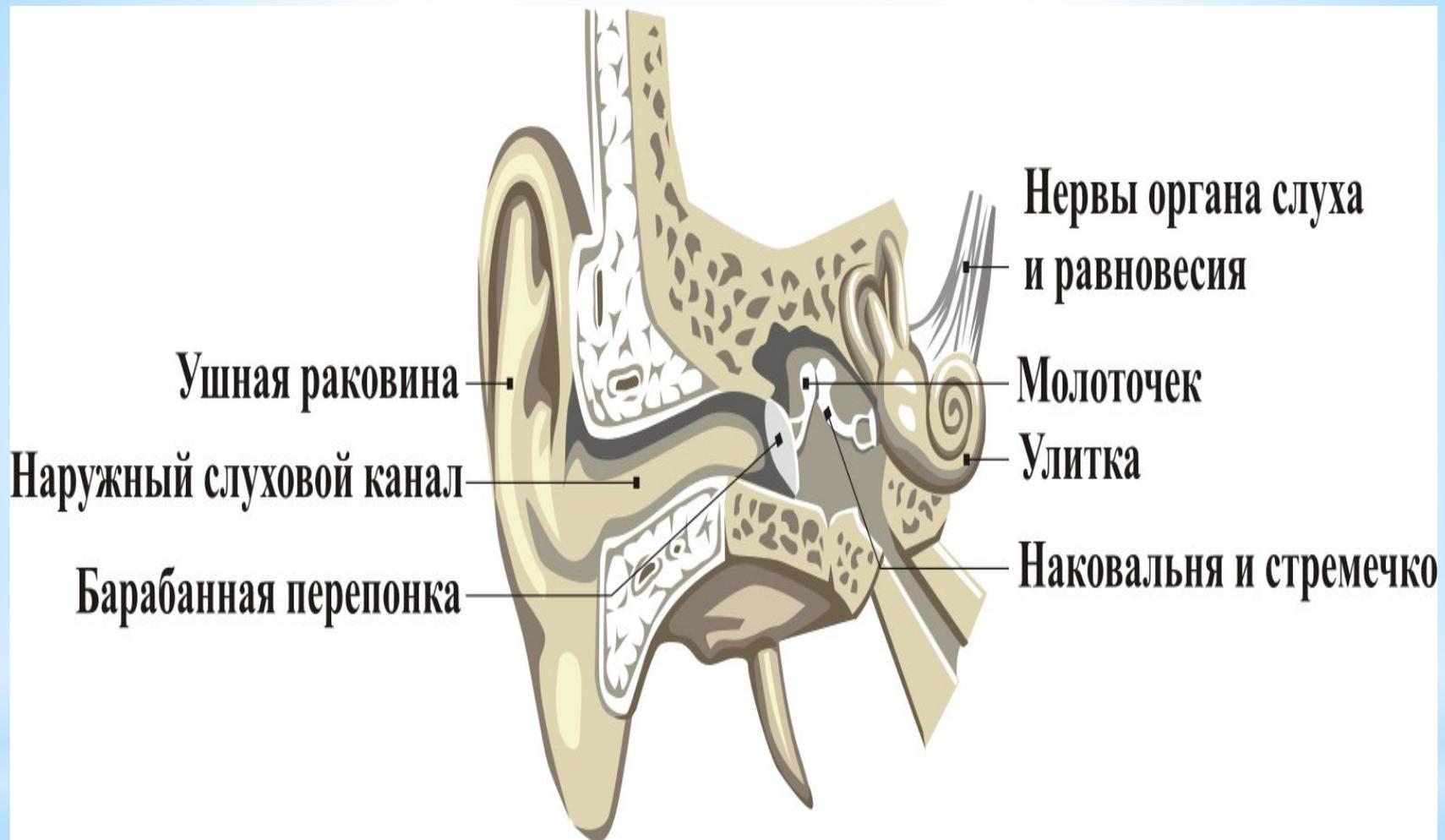
Глубинное зрение связано с восприятием пространства. Ошибка восприятия абсолютной удаленности составляет 12% при дистанции 30 м.

Восприятие пространства - формы, объема, величины и взаимного расположения объектов, их рельефа, удаленности и направления, в котором они находятся, достигается за счет бинокулярного зрения двумя глазами.

Характеристика слухового анализатора

С помощью звуковых сигналов человек получает до 10% информации. Раздражители, вызывающие слуховые ощущения, представляют собой волны, которые образуются в результате колебаний частиц воздуха. Вибрации вызывают поочередное образование уплотненных и разреженных зон воздуха, которые затем в виде последовательных механических волн распространяются в пространстве.

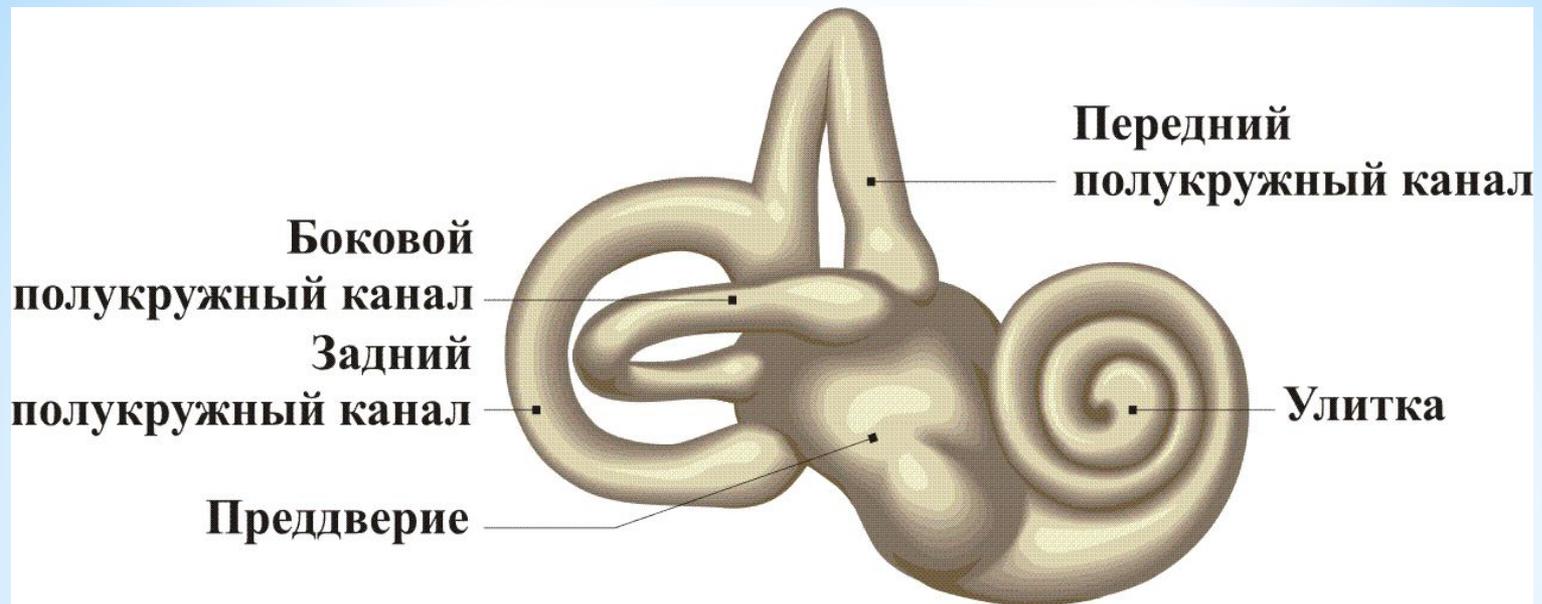
Функция уха заключается в преобразовании этих колебаний в нервные импульсы. Слуховое ощущение зависит главным образом от характеристик звуковой волны. Так, громкость звука определяется амплитудой волны, а его высота - частотой колебаний.



Известно, что человеческое ухо может безболезненно воспринимать звук, интенсивность которого в тысячу миллиардов (10^{12}) раз выше интенсивности едва слышимого звука. Частоты звуковых колебаний, воспринимаемые человеческим ухом, имеют диапазон от 20 колебаний в секунду (20 Гц) до 20 тысяч колебаний в секунду (20 000 Гц). Ухо состоит из трех отделов.

Наружное ухо состоит из ушной раковины и слухового прохода длиной 25 мм, упирающегося в барабанную перепонку-мембрану, вибрирующую под воздействием звуковых волн.

В среднем ухе имеются **три слуховые косточки**: молоточек, наковальня и стремя, обеспечивающие передачу вибраций **овальному окну** на границе внутреннего уха.



Во внутреннем ухе находится лабиринт, в состав которого входит **улитка** - трубка длиной 34 мм, спирально свернутая в 2,5 оборота наподобие раковины виноградной улитки.

Улитка внутреннего уха заполнена жидкостью, которая приходит в движение под влиянием звуковых волн, передаваемых косточками среднего уха. Движение жидкости вызывает прогибание и смещение базилярной мембраны, проходящей вдоль всей улитки. Эта деформация базилярной мембраны сильнее всего выражена у основания улитки при воздействии высоких звуков, а у вершины - при воздействии низких. В месте максимальной деформации базилярной мембраны в результате возбуждения ее чувствительных клеток, волоски которых соприкасаются с нависающей над ними текториальной мембраной, происходит преобразование вибраций в нервные импульсы.

Таким образом частота звука различается в соответствии с тем участком базилярной мембраны, где происходит ее деформация, а его **громкость** - в зависимости от числа клеток, вовлеченных в деформацию. Затем информация передается в головной мозг по слуховому нерву, образованному отростками чувствительных волосковых клеток. Между тем моментом, когда барабанная перепонка начинает колебаться под действием звуковых волн и началом передачи нервных сигналов в мозг, могут возникать различные нарушения, обусловленные поражением того или иного отдела уха. Здесь следует различать так называемую **проводниковую и сенсорную глухоту**.

Проводниковая (кондуктивная) глухота развивается в результате старения организма или вследствие инфекции среднего уха, вызывающей потерю подвижности сочленений слуховых косточек. Возникающее в результате ослабление слуха можно тем не менее компенсировать слуховым аппаратом, который усиливает звуковые сигналы перед их прохождением по костям черепной коробки.

Сенсорная глухота возникает в результате деградации или разрушения волосковых клеток внутреннего уха, ответственных за преобразование колебаний базилярной мембраны в нервные импульсы. Иногда разрушению подвергается лишь какая-то определенная группа клеток. Это может случиться у рабочего, вынужденного с утра до вечера ковать металлические изделия: глухота в этом случае развивается в отношении только тех звуковых частот, которые вызывали постоянное возбуждение волосковых клеток.

Подобная деградация нервных структур уха приводит к необратимой сенсорной глухоте, не поддающейся восстановлению каким-либо хирургическим вмешательством. Технический прогресс, однако, позволил недавно сконструировать протез, с помощью которого часть неработающих сенсорных клеток можно присоединить к микрокомпьютеру, способному обеспечить различение звуковых волн (пока довольно грубое) и передачу соответствующей информации по слуховому нерву в головной мозг.

Характерные особенности слухового анализатора

- способность быть готовым к приему информации в любой момент времени;
- способность воспринимать звуки в широком диапазоне частот и выделять необходимые;
- способность устанавливать со значительной точностью месторасположение источника звука.

В связи с этим слуховое представление информации осуществляется в тех случаях, когда оказывается возможным использовать указанные свойства слухового анализатора.

Наиболее часто слуховые сигналы применяются для сосредоточенного внимания человека-оператора (предупредительные сигналы и сигналы опасности), для передачи информации человеку-оператору, находящемуся в положении, не обеспечивающем ему достаточной для работы видимости объекта управления, приборной панели и т. п., а также для разгрузки зрительной системы.

Для эффективного использования слуховой формы представления информации необходимо знание характеристик слухового анализатора.

Свойства слухового анализатора оператора проявляются в восприятии звуковых сигналов. С физической точки зрения звуки представляют собой распространяющиеся механические колебательные движения в слышимом диапазоне частот.

Механические колебания характеризуются **амплитудой** и **частотой**.

Амплитуда - наибольшая величина измерения давления при сгущениях и разрежениях.

Частота - число полных колебаний в одну секунду. Единицей ее измерения является герц (Гц) – одно колебание в секунду,

Амплитуда колебаний определяет величину звукового давления и интенсивность звука (или силу звучания).

Звуковое давление принято измерять в паскалях (Па).

Основными параметрами (**характеристиками**) звуковых сигналов (колебаний) являются: интенсивность (амплитуда), частота и форма, которые отражаются в таких звуковых ощущениях, как громкость, высота и тембр.

Воздействие звуковых сигналов на слуховой анализатор определяется **уровнем звукового давления** (Па).

Интенсивность (сила) звука ($\text{Вт}/\text{м}^2$) определяется плотностью потока звуковой энергии (плотностью мощности).

Для характеристики величин, определяющих восприятие звука, существенными являются не только абсолютные значения интенсивности звука и звукового давления, сколько их отношение к пороговым значениям ($J_0 = 10^{-12}$ Вт/м² или $P_0 = 10^{-5}$ Па). В качестве таких относительных единиц измерения используют децибеллы (дБ):

$$L = 10 \lg(J/J_0) = 20 \lg(P/P_0),$$

Где:

J и P — соответственно интенсивность и уровень звукового давления,

J_0 и P_0 — их пороговые значения.

Интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния; при удвоении расстояния снижается на 6 дБ. Абсолютный порог слышимости звука составляет (принят) $2 \cdot 10^{-5}$ Па (10^{-12} Вт/м) и соответствует уровню 0 дБ.

Пользование шкалой децибелл весьма удобно, так как почти весь диапазон слышимых звуков укладывается менее чем в 140 дБ.

Громкость – характеристика слухового ощущения, наиболее тесно связанная с интенсивностью звука.

Уровень громкости выражается в фонах; фон численно равен уровню звукового давления в дБ для чистого тона частотой 1000 Гц.

Дифференциальная чувствительность к изменению громкости - $K = (dJ/J)$, наблюдается в диапазоне частот 500–1000 Гц.

Чувство равновесия и положения головы.

Тело сохраняет равновесие благодаря тому, что мозг получает информацию о положении головы в пространстве. Эту информацию обеспечивает лабиринт - небольшой орган, расположенный во внутреннем ухе.

Лабиринт состоит из трех отделов: улитки, полукружных каналов, чувствительных к вращению головы, и двух полостей - круглого и овального мешочков, ответственных за восприятие прямолинейного движения.

Три полукружных канала лежат в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и содержат студенистое вещество, в которое погружены чувствительные волоски. Такого же рода волоски имеются в мешочках. При вращении или прямолинейном смещении головы движение передается студенистому веществу, а вместе с ним и чувствительным волоскам. Эта информация воспринимается нервными клетками, от которых отходят волоски, а затем поступает в головной мозг.

Характеристика кожного анализатора

Всякий контакт с внешним предметом может вызывать ощущения четырех типов, способные объединяться в комплексные восприятия. Это ощущение давления, тепла, холода и боли. Рецепторы, образованные нервными окончаниями, разбросаны по всей поверхности тела, но расположены более плотно на ладонях, на коже живота и спины.

Существует несколько типов кожных рецепторов. *Свободные нервные окончания* разбросаны по всей поверхности кожи и реагируют на температуру и давление либо сразу на оба этих воздействия.

Рецепторы, расположенные в более глубоких слоях кожи (инкапсулированные нервные окончания и окончания, оплетающие основания волосяных фолликулов) воспринимают главным образом давление.

Говоря о **температурных рецепторах**, следует отметить, что на теле имеются точки, чувствительные только к теплу или только к холоду. Они активируются в зависимости от температуры кожи: если кожа разгорячена, всякий более холодный предмет будет казаться холодным, пусть даже его температура сравнительно высока; и наоборот, предмет, температура которого выше температуры кожи, будет казаться теплым. Таким образом, тепло и холод — понятия весьма относительные.

Тактильные ощущения возникают в результате передачи информации различными кожными рецепторами при их контакте с предметом. Например, когда рука скользит по предмету с гладкой поверхностью, возбуждаются все рецепторами и все они одинаковым образом сообщают головному мозгу о своем возбуждении.

Напротив, скольжение руки по шероховатой поверхности в каждый данный момент ведет к возбуждению лишь определенной группы рецепторов, которые, по мере того как рука продвигается по неровностям, сменяются другими, в результате чего мозг получает информацию о характерных особенностях поверхности предмета.

Болевые ощущения, по-видимому, возникают при слишком сильном возбуждении свободных нервных окончаний в результате повреждения тканей.

Каждый микроучасток кожи обладает наибольшей чувствительностью к тем раздражителям (сигналам), для которых на этом участке имеется наибольшая концентрация соответствующих рецепторов - болевых, температурных и тактильных. Так, плотность размещения составляет на тыльной части кисти - 188 болевых, 14 осязательных, 7 холодových и 0,5 тепловых на квадратный сантиметр поверхности; на грудной клетке - соответственно 196, 29, 9 и 0,3.

Воздействие в этих точках даже не специфическим, но достаточно сильным раздражителем независимо от его характера вызывает специфическое ощущение, обусловленное типом рецептора. Например, интенсивный тепловой луч, попадая в точку боли, вызывает ощущение боли.

Чувствительность к прикосновению. Ощущение, возникающее при действии на кожную поверхность различных механических стимулов (прикосновение, давление), вызывающих деформацию кожи.

Ощущение возникает только в момент деформации.

Абсолютный порог тактильной чувствительности определяется по тому минимальному давлению предмета на кожную поверхность, которое производит едва заметное ощущение прикосновения. Наиболее высокоразвита чувствительность на дистальных частях тела.

Пороги ощущений: для кончиков пальцев руки - 3 г/мм^2 ; на тыльной стороне пальца 5 г/мм ; на тыльной стороне кисти - 12 г/мм ; на животе - 26 г/мм ; на пятке - 250 г/мм^2 . Порог различения в среднем равен $0,07$ исходной величины давления.

Тактильный анализатор обладает высокой способностью к пространственной локализации. При последовательном воздействии одиночных раздражителей ошибка в локализации колеблется в пределах 2-8 мм.

Характерной особенностью тактильного анализатора является быстрое **развитие адаптации**, т. е. исчезновение чувства прикосновения или давления.

Время адаптации зависит от силы раздражителя и для различных участков тела может изменяться в пределах от 2 до 20 с.

Вибрационная чувствительность обусловлена теми же рецепторами, что и тактильная, поэтому топография распределения вибрационной чувствительности по поверхности тела аналогична тактильной.

Диапазон ощущения вибрации высок: от 5 до 12 000 Гц. Наиболее высока чувствительность к частотам 200-250 Гц. При их увеличении и уменьшении вибрационная чувствительность снижается. В этом случае пороговая амплитуда вибрации минимальна и равна 1 мкм.

Пороги вибрационной чувствительности различны для различных участков тела. Наибольшей чувствительностью обладают дистальные участки тела человека, т. е. которые наиболее удалены от его медиальной плоскости (например, кисти рук).

Кожная чувствительность к боли. Этот вид чувствительности обусловлен воздействием на поверхность кожи механических, тепловых, химических, электрических и других раздражителей.

В эпителиальном слое кожи имеются **свободные нервные окончания**, которые являются специализированными нервными рецепторами. Между тактильными и болевыми рецепторами существуют противоречивые отношения. Проявляются они в том, что наименьшая плотность болевых рецепторов приходится на те участки кожи, которые наиболее богаты тактильными рецепторами, и наоборот. **Противоречие** обусловлено различием функций рецепторов в жизни организма. Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлекс, в частности рефлекс удаления от раздражителя. Тактильная чувствительность связана с ориентировочными рефлексами, в частности это вызывает рефлекс сближения с раздражителем.

Биологический смысл боли состоит в том, что она, являясь сигналом опасности мобилизует организм на борьбу за самосохранение.

Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность.

Болевой порог при механическом давлении на кожу измеряется в единицах давления и зависит от места измерений. Например, порог болевой чувствительности кожи живота составляет 15-20 г/мм²; кончиков пальцев - 300 г/мм. Латентный период - около 370 мс.

Критическая частота слияния дискретных болевых раздражителей - 3 Гц.

Пороговая плотность потока тепла, вызывающего болевое ощущение, составляет 88 Дж/(м·с).

Температурная чувствительность свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, обеспечиваемой терморегуляцией. Температура кожи несколько ниже температуры тела и различна для отдельных участков: на лбу - $34 - 35^{\circ} \text{C}$, на лице - $20 - 25^{\circ} \text{C}$, на животе - 34°C , стопах ног - $25 - 27^{\circ} \text{C}$. Средняя температура свободных от одежды участков кожи равна $30 - 32^{\circ} \text{C}$.

Коже присущи два вида рецепторов. Одни реагируют только на холод, другие - только на тепло.

Пространственные пороги зависят от стимулирующих факторов: при контактном воздействии, например, ощущение возникает уже на площади в 1 мм, при лучевом - начиная с 700 мм. Латентный период температурного ощущения равен примерно 0,20 с. Абсолютный порог температурной чувствительности определяется по минимальному ощущаемому изменению температуры участков кожи относительно физиологического нуля, т. е. собственной температуры данной области кожи, адаптировавшейся к внешней температуре. Физиологический нуль для различных областей кожи может быть достигнут при температурах среды между 12-18°C и 41-42°C. Для тепловых рецепторов абсолютный порог составляет примерно 0,2°C, для холодных - 0,4°C. Порог различительной чувствительности составляет примерно 1°C.

Кинестетический анализатор. Чувство положения тела и движения конечностей в пространстве обеспечивают сигналы, приходящие в мозг от рецепторов двух типов. **Рецепторы первого типа** представлены *мышечными веретенами*, находящимися внутри мышц, и *рецепторами Гольджи*, расположенными в сухожилиях; они посылают в нервные центры сигналы о степени растяжения или сокращения мышцы.

Рецепторы второго типа находятся в суставах и посылают в мозг непрерывные сигналы о взаимном расположении различных частей тела.

Возможности двигательного аппарата представляют определенную значимость при конструировании защитных устройств, органов управления. Сила сокращения мышц человека колеблется в широких пределах.

Например, номинальная сила кисти в 450–650 Н при соответствующей тренировке может быть доведена до 900 Н. Сила сжатия, в среднем равная 500 Н для правой и 450 Н для левой руки, может увеличиваться в два раза и более.

Оптимальные усилия на органы управления:

- для рукояток 20–40 Н (100 Н - максимальное);
- для кнопок, тумблеров, переключателей легкого типа 1400–1600 Н, тяжелого - 6000-12000;
- для ножных педалей управления от 20-50 (используемых часто) до 300 Н (используемых редко);
- для рычажного управления от 20-40 (используемых часто) до 120-160 Н (используемых редко).

Диапазон скоростей, развиваемых движущимися руками человека, находится в пределах 0,01–8000 см/с. Наиболее часто используются скорости порядка 5–800 см/с. Скорость движения больше в направлении к себе, чем от себя, в вертикальной плоскости, чем в горизонтальной, сверху вниз, чем снизу вверх, вперед-назад, чем вправо-влево, слева направо для правой руки и справа налево для левой, чем наоборот. Вращательные движения в 1,5 раза быстрее поступательных.

Обонятельный анализатор

Обоняние - это единственный вид ощущения, обусловленный прямой передачей информации в кору, минуя промежуточные низшие центры головного мозга. В каждой половине носовой полости, в ее верхней части, насчитывается около 30 млн. рецепторных клеток, ответственных за распознавание присутствующих в воздухе пахучих веществ.

Между тем до сих пор мало что известно о том, как происходит такое распознавание.

Теоретически различают семь основных групп запахов.

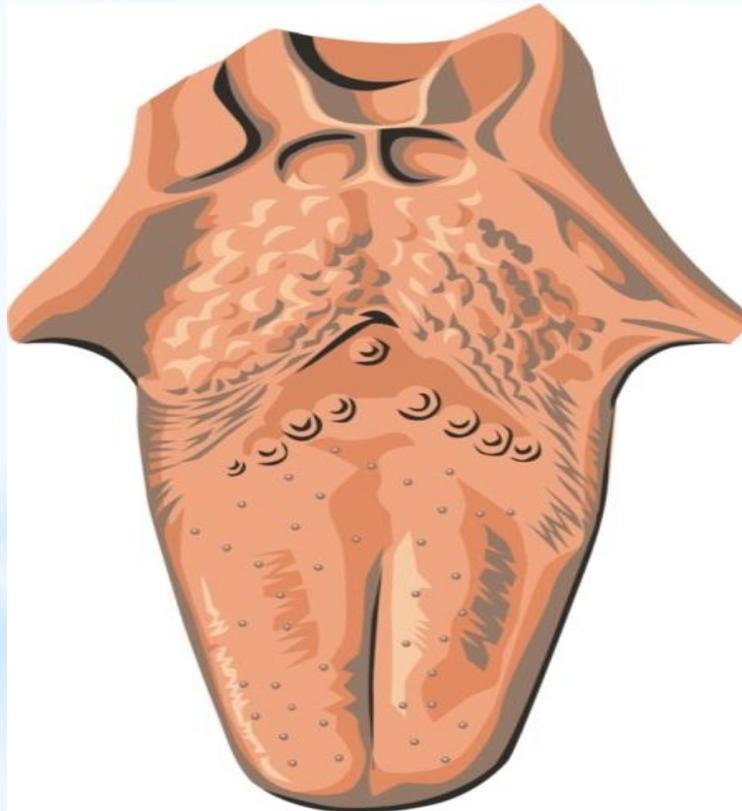
Запах может быть эфирным (ацетон), камфорным (нафталин), мускусным (мускус), цветочным (запах розы), ментоловым (мята), острым (уксус) или гнилостным (запах тухлого яйца).

Чтобы объяснить, каким образом мозг распознает запахи, было выдвинуто предположение, что каждая клетка функционирует как замок, к которому подходит только один ключ, соответствующий специфическому типу молекул определенной формы и величины. Было показано, что иногда молекулы со сходной структурой вызывают разные обонятельные ощущения.

Абсолютный порог обоняния измеряется долями миллиграмма вещества на литр воздуха. Запахи могут сигнализировать человеку о нарушениях в ходе технологических процессов и об опасностях.

Вкусовой анализатор

Традиционно различают четыре типа вкусовых ощущений: сладкое, кислое, соленое и горькое, которые воспринимаются определенными участками языка с помощью примерно тысячи **ВКУСОВЫХ СОСОЧКОВ**.



Сосочки представляют собой небольшие выступы, окруженные ямкой, и расположены на поверхности языка, включая заднюю его часть. В каждой ямке насчитывается от 10 до 15 **вкусовых почек**, содержащих по 15-20 рецепторных клеток. Каждая из таких клеток обладает специфической чувствительностью только к определенным молекулам, и в одной и той же почке могут быть клетки, чувствительные к молекулам разного типа.

Жизнь рецепторных клеток сравнительно коротка. Через четыре дня они фактически деградируют, так что их популяция во вкусовых почках полностью обновляется в среднем каждые 7 дней.

Абсолютные пороги вкусового анализатора выражаются в величинах концентраций раствора и они примерно в 10 000 раз выше, чем обонятельного. Различная чувствительность вкусового анализатора довольно груба, в среднем она составляет 20%. Восстановление вкусовой чувствительности после воздействия различных раздражителей заканчивается через 10-15 мин.