

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГИГИЕНА ТРУДА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ТОМСК 2011

УДК 613.95(075.8)

Авторы: зав. кафедрой гигиены Сибирского государственного медицинского университета д.м.н., профессор Волкотруб Л.П., доценты кафедры гигиены СибГМУ – к.м.н. Стрельникова Л.А., к.б.н. Андропова Т.В., к.м.н. Гудина М.В.

ГИГИЕНА ТРУДА. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. Томск, - 2011. – 192 с.

Аннотация: пособие составлено для студентов лечебного и педиатрического факультетов медицинских ВУЗов в соответствии с учебной программой по гигиене, утвержденной Министерством здравоохранения РФ в 1996 г. В пособие включены основные темы практических занятий по разделу «Гигиена труда» – пыль, промышленные яды, шум как вредные факторы производственной среды, основы радиационной гигиены. При изложении материала использованы современные нормативные документы.

Утверждено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией лечебного факультета СибГМУ (протокол № 38 от 15 декабря 2010 г.)

ТЕМА 1. ПЫЛЬ КАК ВРЕДНЫЙ ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ. МЕТОДИКА ГИГИЕНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: дать студентам знания о гигиеническом значении производственной пыли, влиянии ее на организм; ознакомить их с методами гигиенического исследования и нормирования.

Практические навыки: научить студентов давать заключение о степени загрязнения воздуха производственной пылью и разрабатывать профилактические мероприятия, предупреждающие развитие профессиональных заболеваний пылевой этиологии.

Задание студентам:

1. Изучить по данному пособию гигиеническое значение производственной пыли, влияние ее на организм и мероприятия по защите работающих от ее вредного воздействия.
2. Ознакомиться с аппаратурой для отбора проб воздуха, методами исследования пыли, с гигиеническим нормированием этого фактора.
3. Определить уровень запыленности воздуха (по ситуационным задачам), дать ему гигиеническую оценку, составить перечень профилактических мероприятий.

1.1. Теоретическая часть

Производственная пыль является самым распространенным вредным фактором и основной причиной профессиональных заболеваний (~37 %), большая часть которых (60 %) диагностируется в поздних стадиях, когда требуется переводить работающих на инвалидность. В практической деятельности врачам необходимо ориентироваться на ранние, донозологические проявления заболеваний пылевой этиологии у работающих и не забывать о возможности неблагоприятного воздействия этого фактора на здоровье населения, проживающего в зоне влияния промышленных объектов. Для этого требуется умение правильно проводить сбор эколого-профессионального анамнеза, анализировать возникающие ситуации и

планировать профилактические и оздоровительные мероприятия.

Производственная пыль встречается практически во всех отраслях промышленности и при выполнении большинства работ в сельском хозяйстве. Ее образование и выделение происходит на всех этапах добычи и переработки полезных ископаемых (взрывные работы, бурение, погрузка, транспортировка, дробление, размол породы), производства строительных материалов (кирпич, цемент, огнеупорные изделия), в фарфоро-фаянсовой, химической промышленности, в машиностроении (выбивка, обдирка, обдувка форм в литейных цехах, шлифовка и полировка изделий в механических цехах), в металлургии (электросварочные работы, плазменная обработка металла и др. процессы), при неполном сгорании топлива, в текстильной промышленности, в сельском хозяйстве (пахота, рыхление и удобрение почвы, использование порошкообразных пестицидов, очистка зерна, семян, хлопка, льна), в пищевой промышленности (перемешивание, расфасовка и упаковка сыпучих материалов) и т. д.

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, служит причиной брака в производстве особо чистых материалов, уменьшает освещенность рабочих помещений, уносит с выбросами ценные материалы, может быть причиной взрывов. Воздействию производственной пыли подвергаются миллионы людей, у которых могут развиваться разнообразные заболевания, в т.ч. профессиональные пылевые заболевания органов дыхания [ПЗОД].

1.1.1. Понятие и классификация производственной пыли

Пыль – это физическое состояние твердого вещества, раздробленного на мельчайшие частицы. Это аэрозоль, где дисперсной фазой являются частицы твердого вещества, а дисперсионной средой – воздух. Она характеризуется совокупностью свойств, определяющих ее поведение в воздухе, возможность и уровень проникновения в дыхательные пути, превращения в организме и воздействие на него.

С позиций гигиены труда производственные аэрозоли прежде всего

классифицируют по качественному составу (происхождению), механизму образования, размерам частиц (дисперсности) и характеру действия на организм (схема 1).

Схема 1

КЛАССИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

По качественному составу (происхождению)	По механизму образования	По дисперсности, мкм (10^{-6} м)
<p>I. Органическая</p> <p>I.1. Естественная: а) растительная (древесная, хлопковая, льняная, злаковая и т. д.) б) животная (шерстяная, меховая, кожаная, костяная, и т. д.) в) микроорганизмы и продукты их распада</p> <p>I.2. Искусственная: пластмасс, резины, смол, красителей и др. синтетических продуктов</p> <p>II. Неорганическая</p> <p>II.1. Минеральная: кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная и др.</p> <p>II.2. Металлическая: цинковая, медная, железная, свинцовая и др.</p> <p>III. Смешанная</p> <p>III.1. Минерально-металлическая: железо и кремний и др.</p> <p>III.2. Органическая и неорганическая: пыль злаков и почвы и др.</p>	<p>I. Аэрозоль дезинтеграции («пыль») образуется при: а) механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрыв); б) транспортировке и упаковке сыпучих материалов; в) механической обработке изделий (очистка литья, полировка, шлифовка и т. д.)</p> <p>II. Аэрозоль конденсации («дым») образуется при: а) термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, литье, электро-сварка) вследствие испарения, охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов, в т. ч. полимерных материалов; б) химических высокотемпературных газовых реакциях, ведущих к образованию твердых продуктов (из окиси кремния при нагревании кремнезема до $t=1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ образуется двуокись кремния)</p>	<p>I. Видимая 10-1000</p> <p>II. Микроскопическая 10-0,25</p> <p>III. Ультрамикроскопическая 0,25-0,0001</p>

1.1.2. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли

Физико-химические свойства производственной пыли весьма разнообразны, но наибольшее гигиеническое значение имеют химический состав, дисперсность, растворимость, форма, адсорбционная способность,

электрозаряженность, взрывоопасность, радиоактивность, а также структура, твёрдость и плотность.

Химический состав пыли определяет биологические эффекты в организме, оказывая следующие виды воздействия на него: фиброгенное, раздражающее, токсическое, аллергенное, канцерогенное, радиоактивное, фотосенсибилизирующее и инфекционное.

В основе действия видов пыли, оказывающих токсическое, аллергическое, фотосенсибилизирующее и канцерогенное влияние, лежит резорбтивно-химический процесс, т. е. переход твёрдых пылевых частиц в жидкую тканевую среду в результате растворения или экстракции при химическом взаимодействии их с биосубстратами. Эти виды пыли относят к производственным ядам (например, пыль пестицидов, свинца, кадмия и др.). Пыль, имеющая в своём составе или на поверхности радиоактивные элементы, оказывает ионизирующий эффект.

Первостепенное значение для развития пылевых заболеваний органов дыхания (ПЗОД) имеет минералогический состав пыли, особенно содержание в ней диоксида кремния или кремнезёма (SiO_2), составляющего около 28 % массы земной коры в виде кварца («свободный» кремнезём) и силикатов (соли кремниевой кислоты, содержащие «связанный» кремнезём). Именно наличие и процентное содержание свободного кремнезёма определяют степень фиброгенности пыли, твёрдые частицы которой сами по себе оказывают патологическое влияние на ткани и прежде всего на фагоцитирующие клеточные элементы.

Дисперсность пылевых частиц определяет их устойчивость в воздушной среде, возможность и глубину проникновения в дыхательные пути. Размеры пылевых частиц варьируют в весьма широком диапазоне и соотношение размеров самой мелкой и самой крупной частиц сравнивают образно, как размеры глобуса и земного шара. Частицы размером свыше 10 мкм (до 1000) быстро оседают из воздуха и при вдыхании задерживаются в верхних отделах дыхательных путей. Частицы микроскопического размера

(0,25-10 мкм) более устойчивы в воздухе, при вдыхании проникают в альвеолы, причём в основном размером до 5 мкм (респираторная фракция). Ультрамикроскопические частицы (менее 0,25 мкм) длительно витают в воздухе и при дыхании в лёгких задерживаются до 60-70 % этих частиц. Несмотря на большую удельную поверхность, их роль в развитии пылевой патологии незначительна, т. к. невелика их общая масса. При очень высокой степени измельчения вещества (до 2 нм) влияние его как пыли на лёгочную ткань ослабляется ввиду возрастания растворимости и уменьшения сроков задержки в лёгких, но усиливается токсическое действие, т. к. повышается их химическая активность и сорбционная способность.

Как правило, аэрозоль дезинтеграции полидисперсен, т. е. в воздухе содержатся пылевые частицы разных размеров. Чаще всего частицы пыли с размером 10 мкм и более составляют около 10 %, от 9 до 2 мкм – 15-20 % и менее 2 мкм – 60-80 %, причём масса пылевых частиц размером менее 2 мкм не превышает 1-2 % общей массы пыли, витающей в воздухе. Дисперсность аэрозолей конденсации более монотонна и определяется условиями их образования.

Дисперсность пыли обуславливает и характер таких физиологических процессов, как выделение слизи, мерцательная активность реснитчатых клеток эпителия бронхов, активность фагоцитов, а также выведение (элиминацию) частиц из дыхательных путей и лёгких.

Кроме того установлено, что от величины частиц зависит степень фиброгенного действия пыли. С повышением дисперсности степень биологической агрессивности увеличивается до определённого предела, а затем уменьшается. Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с размером пылинок от 1 до 5 мкм, и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3 мкм.

В настоящее время в связи с внедрением нанотехнологий в различных отраслях промышленности значительное количество работающих может подвергаться воздействию наночастиц размерами от 1 до 100 нм.

Независимо от способа их получения – синтеза из индивидуальных атомов («снизу – вверх») или размельчения материалов («сверху – вниз»), наночастицы проявляют уникальные реакционные способности вследствие изменений физических, химических и биологических свойств. Вопрос о воздействии таких структур на здоровье человека и мерах безопасности требует специальных исследований для разработки гигиенических критериев и норм оценки степени профессионального риска.

Растворимость пыли в воде и тканевых жидкостях зависит от химического состава и может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Если пыль не токсична и действие её сводится к механическому раздражению тканей, хорошая растворимость способствует быстрому удалению её из организма. В случае воздействия токсичной пыли хорошая растворимость сопровождается усилением её действия (пыль свинца, кадмия, меди и др.). При этом высокодисперсная пыль некоторых веществ (бериллий, никель, урсол и др.) вызывает более быстрые специфические проявления и аллергические реакции.

Форма (морфология) пылевых частиц зависит от механизма их образования и может быть различной: сферической, плоской, неправильной. В аэрозоле конденсации пылевые частицы имеют, как правило, «сплавленные» округлые формы в виде шара или куба, легко оседают из воздуха, но и легче проникают в лёгочную ткань и лучше фагоцитируются.

Аэрозоли дезинтеграции – частицы неправильной формы (плоской, оскольчатой, игольчатой, лучистой, волокнистой, спиральной и др.) более длительно удерживаются в воздухе даже при больших размерах и труднее проникают в глубокие отделы лёгких. Попадая на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз, на кожу, частицы с острыми краями (асбест, стекловолокно, слюда, уголь), оказывают раздражающее и травмирующее действие.

Адсорбционные свойства пыли зависят от дисперсности и суммарной поверхности пылевых частиц. Так, например, измельчение 1 см³ твёр-

дого вещества до частиц размером 0,1 мкм увеличивает его общую поверхность с 6 см² до 600000 см², т. е. в 100 тыс. раз.

Пылевые частицы сорбируют на своей поверхности газы, пары, радиоактивные вещества, ионы, а также свободные радикалы, которые образуются при процессах горения, под действием радиоактивных излучений и в результате фотохимического действия света.

Так, пыль угля сорбирует молекулы угарного и углекислого газов, метана; пыль доменного газа сорбирует угарный газ. Вдыхание с пылью раздражающих и токсических веществ усиливает вредное действие пыли. Кроме того, пыль может быть носителем микробов, грибов, клещей, яиц гельминтов. Описаны лёгочные формы сибирской язвы у рабочих, вдыхающих пыль шерсти. Известна связь запыленности воздуха с заболеванием туберкулёзом лёгких, в том числе т.н. силикотуберкулёзом. Некоторые виды пыли (мучная) могут быть питательной средой для ряда бактерий.

Воспламеняемость и взрывоопасность пыли напрямую связаны с удельной поверхностью диспергированных веществ и повышением их химической активности. Для того, чтобы произошёл взрыв и воспламенение, требуется образование пылевого облака достаточной концентрации (т. н. «кластера»), состоящего из пылевых частиц, сорбирующих кислород воздуха, и наличие открытого пламени (огня) или даже случайной искры. Взрывчатыми свойствами обладают различные виды пыли (алюминий, цинк и т. д.), но особенно взрывоопасна органическая пыль (каменноугольная, пробковая, сахарная, мучная, крахмальная, порошкообразного какао, сухого молока и др.). Образование кластера может происходить постепенно в результате накопления пыли в воздухе и при поднятии осевшей пыли.

Почти все пылевые частицы имеют электрический заряд, приобретаемый ими в результате трения вещества с поверхностью машин, трения и соударения их друг с другом или абсорбции ионов атмосферы. Аэрозоли дезинтеграции имеют большую величину заряда, чем аэрозоли конденса-

ции. Разноименный заряд частиц способствует быстрой конгломерации и осаждению из воздуха, а одноименный заряд обуславливает стабильность аэрозоля. Пыль металлов и основных окислов имеет отрицательный заряд, а неметаллов и кислотных окислов – положительный. Установлено, что электроотрицательные частицы легче подвергаются фагоцитозу, а в органах дыхания в большем количестве (70 %) задерживаются заряженные частицы.

1.1.3. Влияние пыли на организм

Не вся пыль, попадающая в дыхательные пути, достигает лёгких: часть её задерживается в верхних дыхательных путях, в первую очередь, в полости носа. Волоски слизистой оболочки носа, извилистые носовые ходы, липкая слизь, покрывающая оболочку, мерцательный эпителий слизистой носа являются отличными барьерными механизмами, изменяющими скорость движения воздушной струи по воздухоносным путям и задерживающими пылевые частицы. Подобные механизмы имеются и в средних отделах воздухоносных путей: голосовая щель, бифуркация и перистальтика бронхов, фагоцитоз на поверхности их слизистой оболочки. Нормальное функционирование этих механизмов обеспечивает задержку 50-90 % вдыхаемой пыли, значительная часть которой выделяется при чихании, кашле и отхаркивании.

Однако и для верхних отделов дыхательных путей длительное постоянное вдыхание значительных концентраций пыли не проходит бесследно. Острые воспалительные гипертрофические процессы в них на начальных этапах воздействия пыли (риниты, назофарингиты, трахеиты и т. д.) постепенно заменяются субатрофическими и атрофическими изменениями слизистых оболочек носа, глотки, гортани, трахеи, бронхов. При этом нарушаются как всасывающая, так и выделительная функции слизистых оболочек, снижается обоняние и т. д. У рабочих некоторых производств (цементные заводы) возможно образование камней в слизистых носа (ринолиты); у контактирующих с хромом, фтором, мышьяком развива-

ются некротические процессы с изъязвлениями, носовыми кровотечениями и даже прободениями носовой перегородки.

Такие патологические изменения в верхних дыхательных путях не позволяют им очищать (фильтровать) вдыхаемый воздух, и, преодолев эти защитные рубежи, пыль легче достигает более глубоких отделов – бронхов и лёгких.

Независимо от физико-химических свойств все виды пылевых частиц вначале оказывают механическое действие на лёгочную ткань, которая «защищается» от этих инородных тел пролиферативной клеточной реакцией, фагоцитозом с последующим удалением из лёгких различными путями: с мокротой, по лимфатическим путям в бронхиальные железы и по направлению к плевре.

Хорошо фагоцитирующаяся пыль (угольная) сравнительно легко удаляется из лёгких; кварцевая пыль быстро разрушает фагоциты и накапливается в лёгких, как в самих альвеолах, так и в межальвеолярных перегородках, в местах бифуркации и изгибов лимфатических сосудов с последующим лимфостазом и образованием патологической соединительной ткани, т. е. фиброза лёгких. Развиваются специфические процессы – пневмокониозы. При воздействии пыли слабой агрессивности развиваются неспецифические заболевания – пневмонии, альвеолиты, бронхиальная астма, туберкулёз, рак и др.

Вредное влияние производственной пыли на организм зависит от:

- физико-химических свойств пыли;
- концентрации пыли в воздухе рабочей зоны;
- одновременного влияния сопутствующих неблагоприятных факторов производственной среды, условий и характера труда (микроклимат, шум, тяжёлая физическая работа, наличие в воздухе газо- и парообразных вредных химических веществ, вредные привычки и т. д.);

- длительности воздействия как в течение рабочей смены, так и всего профессионального стажа;
- индивидуальной чувствительности, обусловленной фильтрующими свойствами воздухоносных путей, иммунобиологической реактивностью организма и его генетической предрасположенностью.

1.1.4. Профессиональные пылевые заболевания органов дыхания

Основными пылевыми профессиональными заболеваниями являются пневмокониозы и хронический пылевой бронхит (ХПБ).

Пневмокониозы – полиэтиологические заболевания, возникающие при вдыхании различных видов пыли как содержащих двуокись кремния, так и не содержащих её (угольная, пыль алюминия, пластмасс и др.). Термин «пневмокониоз» введен в медицинскую литературу Ценкером в 1866 году и переводится с греческого языка как «запыление лёгких». Пневмокониоз – хроническое профессиональное пылевое заболевание лёгких, характеризующееся развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного действия фиброгенных производственных аэрозолей.

По этиологическому принципу выделено 6 групп пневмокониозов:

1. Силикоз – пневмокониоз, обусловленный вдыханием пыли, содержащей свободную кристаллическую или аморфную двуокись кремния.
2. Силикатозы – пневмокониозы, возникающие от вдыхания пыли минералов, содержащих двуокись кремния в связанном состоянии с различными элементами в виде солей кремниевой кислоты (каолиноз, асбестоз, талькоз, цементоз и др.).
3. Карбокониозы – пневмокониозы, обусловленные вдыханием углеродсодержащих видов пыли: каменного угля, сажи, кокса, графита (антракоз, графитоз).
4. Металлокониозы – пневмокониозы от воздействия пыли металлов и их окислов: железа, алюминия, бария, олова, марганца, бериллия и др. (сидероз, алюминоз, баритоз, станиоз, манганокониоз, бериллиоз и др.).

5. Пневмокониозы от смешанной пыли с различным содержанием кварца, силикатов и других компонентов (сидеросиликоз, антракосиликоз и др.).

6. Пневмокониозы от органической пыли растительного, животного и синтетического происхождения: биссиноз – от пыли хлопка и льна; багассоз – от пыли сахарного тростника; табакоз – от пыли табака; амилоз – от пыли муки, фермерское лёгкое – от сельскохозяйственной пыли, содержащей микроскопические грибы.

Для всех видов пневмокониозов характерно развитие фиброзного процесса в лёгочной ткани, но локализация его и степень зависят от фиброгенных свойств пыли и уровня запыленности. При значительной концентрации кварцсодержащей пыли формирование пылевых силикотических узелков происходит в полости альвеол и вокруг них. При снижении концентрации пыли фиброзные изменения более выражены в лёгочной паренхиме – в области перибронхиальных и периваскулярных лимфатических фолликулов.

Незначительное содержание пыли в воздухе (малые концентрации) вызывает образование силикотических узелков в регионарных лимфатических узлах, а в лёгких преобладают диффузные склеротические изменения.

Хронический пылевой бронхит (ХПБ) – весьма распространенное и прогностически серьёзное заболевание. В промышленно развитых странах Западной Европы он занимает лидирующее место в профессиональной патологии (у 17-37 % работающих); летальность и осложнения при заболевании ХПБ в 2 раза превышают эти показатели при раке лёгкого и в 3 раза выше, чем при туберкулёзе.

Некоторые пылевые заболевания лёгких (асбестоз, карбокониозы, графитоз, ХПБ и др.) являются фоновыми для последующего развития в бронхах, плевре, лёгких злокачественных новообразований. Так, например, асбестоз осложняется раком в 15-20 % случаев. Кроме того, некоторые виды пыли, в т. ч. содержащие углерод и углеводороды, сами по себе явля-

ются канцерогенными веществами.

Пыль, оказывающая раздражающее действие, может вызывать развитие конъюнктивитов, кератитов и профессиональной катаракты, а также дерматитов, фолликулитов, экзем, «асбестовых бородавок», рака и др. Вещества, обладающие фотосенсибилизирующим действием (пыль каменноугольного песка, смола, гудрон, асфальт), на фоне инсоляции вызывают т. н. «пековые офтальмии» (кератоконъюнктивиты) и фотодерматиты.

1.1.5. Профилактика пылевых заболеваний

Борьба с пылью на производственных предприятиях и предупреждение вредного воздействия аэрозолей на здоровье работающих осуществляются проведением комплекса противопылевых и оздоровительных мероприятий законодательного, технологического, санитарно-технического и медико-профилактического характера, а также применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

1. Законодательные мероприятия регламентируют гигиенически обоснованное допустимое содержание аэрозолей в воздухе рабочей зоны (ПДК, табл. 1) и гигиенический контроль загрязнения воздуха пылью. Следует подчеркнуть, что ПДК разнообразных по химическому составу видов пыли установлены по наименьшему порогу биологического эффекта.

По трудовому законодательству не допускаются на подземные работы (в шахты) лица моложе 20 лет. Для горнорабочих установлен сокращенный рабочий день (СРД), дополнительный отпуск (ДО) и выход на пенсию в возрасте 50 лет. Приказом МЗ РФ № 90 от 1996 года регламентируется проведение предварительных и периодических профилактических медицинских осмотров, сроки их проведения, участие врачей различного профиля, обязательные лабораторные и функциональные исследования, в т. ч. рентгенологические. Кроме того, в документе содержится перечень противопоказаний для устройства на работу, связанную

с пылевым фактором: все формы туберкулеза, хронические заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, глаз и кожи.

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации аэрозолей
преимущественно фиброгенного действия**

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Кремния двуокись кристаллическая: при содержании её в пыли свыше а) 70% б) от 10 до 70% в) от 2 до 10%	1 2 4	3 3 3
Кремния двуокись аморфная в виде аэрозоля конденсации а) при содержании её в пыли свыше 60% б) при содержании её в пыли от 10 до 60%	1 2	3 4
Пыль растительного и животного происхождения с примесью двуокиси кремния более 10%	2	4
Силикаты и силикатсодержащая пыль: асбест асбестоцемент, цемент, апатит, глина тальк, слюда	2 6 4	4 4 3
Металлическая пыль: чугун алюминия окись в виде аэрозоля конденсации алюминия окись в виде аэрозоля дезинтеграции	6 2 6	4 3 4

Примечание: уровень ПДК для пыли, обладающей выраженным токсическим действием, значительно меньше 1 мг/м³.

2. Технологические (инженерно-технические) мероприятия направлены на снижение запыленности воздуха производственных помещений, а именно:

- внедрение непрерывной, в т. ч. т. н. «безлюдной» технологии;
- автоматизация и механизация производственных процессов, устраняющих ручной труд;
- использование дистанционного управления, изолирующего работающих от источников пылеобразования;
- герметизация оборудования, мест размола, транспортировки;
- рационализация технологии – замена сухих процессов (бурение, шлифование) мокрыми; токсических веществ на нетоксические; порошкообразных продуктов на брикеты, гранулы, пасты и т. д.;
- использование оросительных устройств и водяных завес;

- переход от твёрдого топлива на газообразное;
- замена кварцевого песка при очистке литья стальной или чугунной дробью; свинцовых ограночных дисков при обработке алмазов и полудрагоценных камней – чугунными;
- пылеосаждение – использование специальных поверхностно-активных веществ-смачивателей;
- укрытие пылевыделяющего оборудования специальными пыленепроницаемыми кожухами.

3. Санитарно-технические мероприятия: удаление пыли от мест её образования с помощью отсоса воздуха (вытяжная вентиляция, осуществляемая устройством специальных сооружений – вытяжных зонтов, шкафов, бортовых отсосов) с обязательной предварительной очисткой воздуха от пыли перед выбросом в атмосферу; регулярная уборка помещений и рабочих мест (влажная или пневматическая).

4. Лечебно-профилактические мероприятия: предварительные и периодические медицинские осмотры (см. выше); мероприятия, направленные на повышение реактивности организма к воздействию пыли: УФ-облучение в фотариях, тормозящее склеротические процессы; ингаляции (щелочные, масляные, с минеральной водой, со смесью витаминов В₁, В₂, С и димедрола; щелочно-соляно-йодистые; с ментоловым маслом и др.), способствующие санации верхних дыхательных путей; дыхательная гимнастика, улучшающая функцию внешнего дыхания; лечебно-профилактическое питание, включающее белковый компонент, обогащенный метионином и витаминами; санитарно-просветительная работа с работодателями и работающими (создание благоприятных условий труда и отдыха, здоровый образ жизни и т. д.).

5. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). В случаях, когда снижение концентрации пыли технически недостижимо, обязательно применяются СИЗ. К ним относятся: защитные очки (рис. 1); щитки и маски для защиты глаз и лица (рис. 2); противопылевые респираторы

(типа “Лепесток” и др.) (рис. 3); специальная одежда и обувь; скафандры, защитные пасты и мази для кожи. Выбор СИЗ зависит от вида и концентрации пыли и производится в строгом соответствии с ГОСТом.

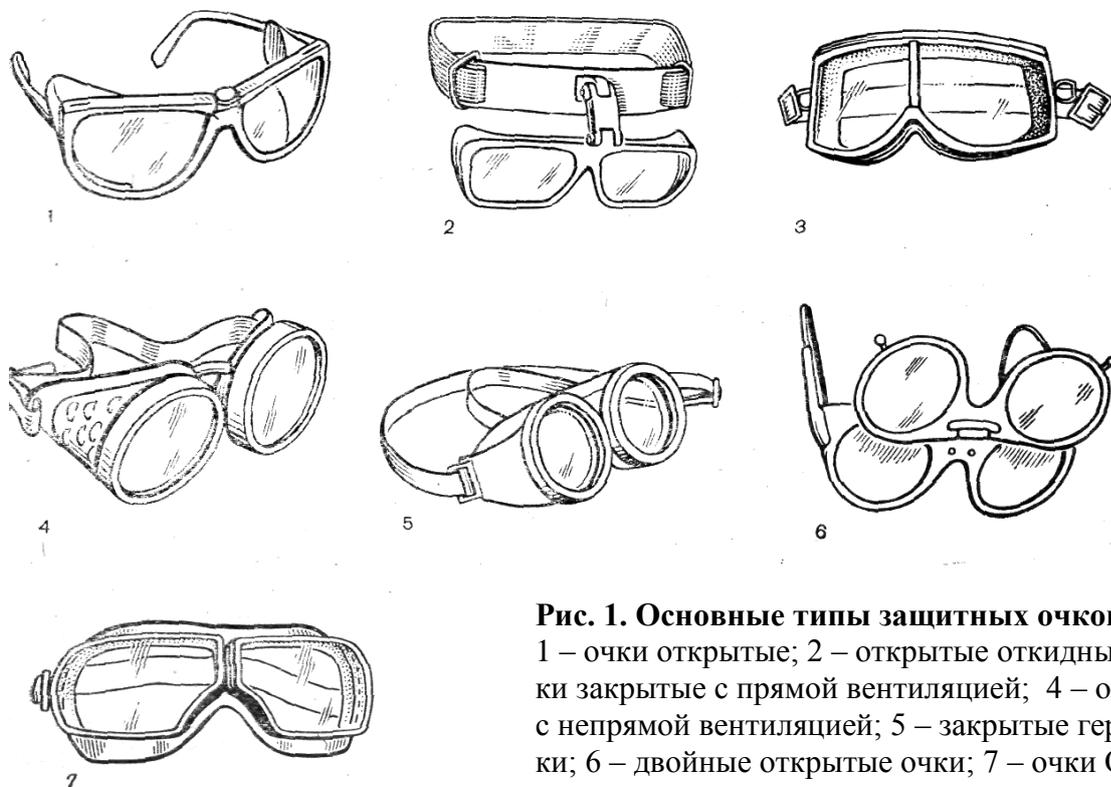


Рис. 1. Основные типы защитных очков

1 – очки открытые; 2 – открытые откидные очки; 3 – очки закрытые с прямой вентиляцией; 4 – очки закрытые с непрямой вентиляцией; 5 – закрытые герметичные очки; 6 – двойные открытые очки; 7 – очки ОРЗ-5 с металлизированными стёклами

1.1.6. Методика гигиенического исследования и оценки производственной пыли

Санитарно-гигиенический контроль за наличием и содержанием пыли в воздухе производственных помещений включает изучение технологического процесса, оборудования, сырья, способов обработки и транспортировки. При этом выясняют, постоянно или периодически поступает пыль в воздух, и в зависимости от этого планируют отбор проб не только на разных рабочих местах, но и в различные периоды смены, а иногда в разное время года; в случае изменчивости концентраций пыли в воздухе проводят хронометражные исследования.

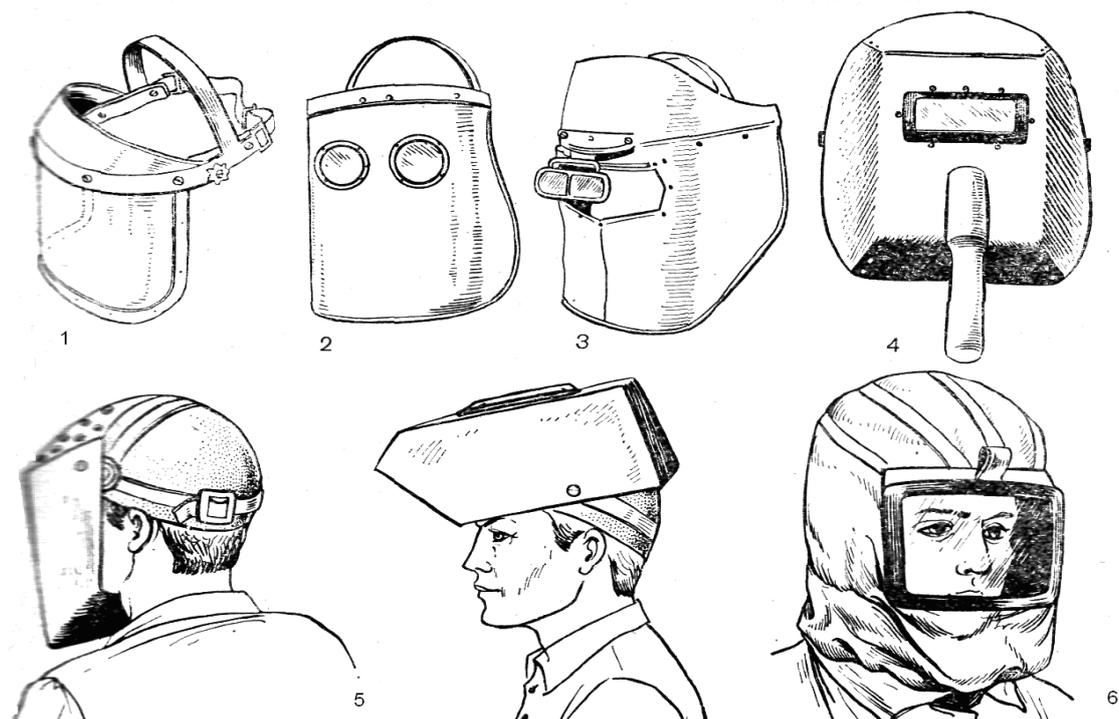


Рис. 2. Щитки и маски для защиты глаз и лица

1 – наголовный щиток с бесцветным ударопрочным корпусом; 2 – наголовный щиток с сетчатым корпусом; 3 – наголовный щиток для прокатчиков; 4 – ручной щиток с непрозрачным корпусом; 5 – наголовный щиток сварщика; 6 – пневмошлем ТБИОТ

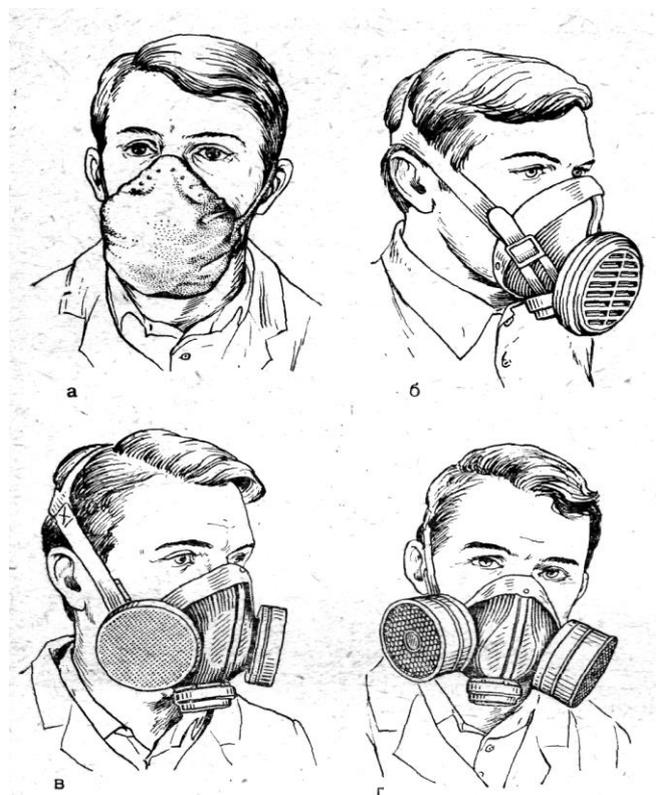


Рис. 3. Виды респираторов

а – респиратор облегченный противоаэрозольный типа ШБ-1 «Лепесток»;
 б – патронный противоаэрозольный респиратор Ф2Ш;
 в – респиратор РПГ-67;
 г – универсальный газопылезащитный респиратор РУ-60М

При открывании баллона со сжатым воздухом, входящего в комплект эжекторного аспиратора, происходит передача кинетической энергии воздушной струи, движущейся с большой скоростью, окружающему воздуху. В результате воздух рабочей зоны проходит (аспирируется) через воронку (алонж) с фильтром, соединенным резиновой трубкой с баллоном. На передней панели АЭРА смонтированы: справа – секундомер, для фиксации времени отбора пробы воздуха; слева – манометр, который показывает сколько литров воздуха прошло через фильтр.

1.1.7. Методы исследования пыли

С целью гигиенической оценки производственной пыли в настоящее время применяют следующие основные методы её исследования:

- 1) весовое определение содержания пыли в единице объёма воздуха (гравиметрический метод);
- 2) определение дисперсного состава и морфологии пылевых частиц;
- 3) определение химического состава пылевых частиц (содержание свободного диоксида кремния).

Весовой метод. Содержание пылевых частиц в воздухе определяют путём взвешивания на фильтре пыли, отложившейся при протягивании через него определенного объёма воздуха.

Аппаратура, материалы и методика отбора проб воздуха для исследования его запыленности

Пробы воздуха отбирают вблизи места работы, в т. н. зоне дыхания на высоте 1,5 м. Для оценки распространения пыли по помещению (цеху) пробы отбирают в нейтральных точках (на расстоянии 1-3-5 м и более от мест образования), а также в проходах. В период отбора проб воздуха обязательно регистрируются условия отбора: температура воздуха и барометрическое давление, время и длительность отбора, скорость протягивания воздуха.

В качестве фильтрующего материала чаще всего используется пер-

хлорвиниловая ткань ФПП. Она позволяет протягивать воздух с большой скоростью (до 100 л/мин), обладает высокой фильтрующей эффективностью (задерживает до 98 % пылевых частиц), устойчива к химически агрессивным средам и практически не требует предварительной обработки (высушивания), исключая случаи отбора проб в условиях высокой относительной влажности воздуха. Приготовленные из этой ткани аналитические аэрозольные фильтры (АФА) представляют собой диски с опрессованными краями, помещенные в защитные кольца из плотной бумаги и уложенные в отдельные пакетики из кальки (рис. 6). Подготовительный этап работы заключается во взвешивании фильтров на аналитических весах в лаборатории, записи его номера и массы в журнале. На предприятии перед отбором проб фильтры закрепляются в пластмассовых или металлических пылевых трубках в виде воронок (т. н. аллонжи), к которым присоединяют одним концом резиновую трубку, другой её конец соединяется со штуцером электроасpirатора (или АЭРА, если существует опасность взрыва) (рис. 4, 5).

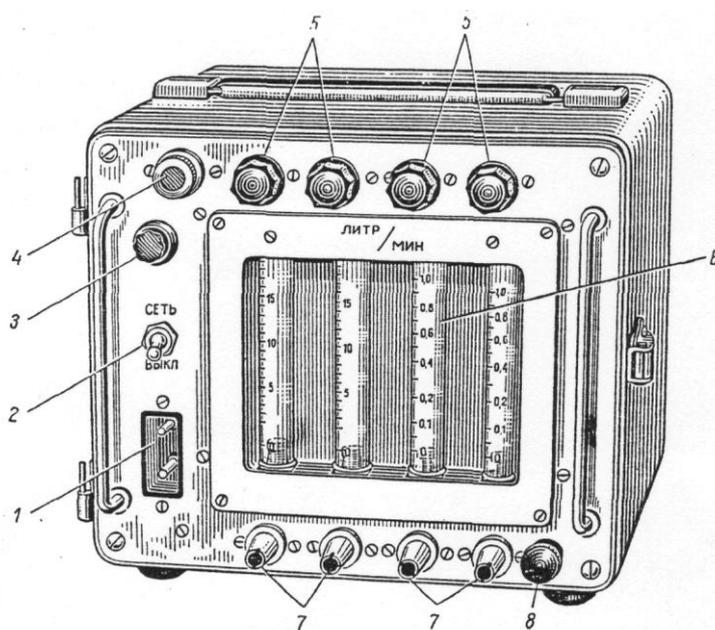


Рис. 4. Электроасpirатор (модель 822) переносной с ручным способом регулирования расхода воздуха

1 – колодка для присоединения к прибору электрического шнура; 2 – тумблер для включения и выключения прибора; 3 – гнездо предохранителя; 4 – предохранительный клапан для предотвращения перегрузки электродвигателя при отборе проб воздуха с малыми скоростями и облегчения запуска прибора; 5 – ручки вентилях ротаметров; 6 – ротаметры; 7 – штуцеры для присоединения резиновых трубок; 8 – клемма для заземления

Отбор проб осуществляется с помощью электрического аспиратора (рис. 4), который состоит из воздуходувки, отсасывающей воздух, элек-

тродомотора и четырёх реометров, два из которых градуированы от 0 до 20 л/мин, и предназначены для отбора пылевых проб, а два других – от 0 до 1 л/мин, для отбора проб на содержание паров и газов. Перед включением в сеть аспиратор должен быть заземлен. Порядок работы с ним предполагает постоянное наблюдение за показаниями реометров (по верхнему краю поплавка), время непрерывной работы аспиратора не должно превышать 1 час.

При нормальном функционировании технологического оборудования качественные (химический состав и физико-химические свойства) и количественные (масса пыли в мг/м³ воздуха) характеристики пыли относительно постоянны; при неполадках и авариях эти показатели могут изменяться весьма значительно.

При отсутствии источника тока (в шахтах), невозможности его использования (взрывоопасность) применяют эжекторный рудничный аспиратор (АЭРА, рис. 5).

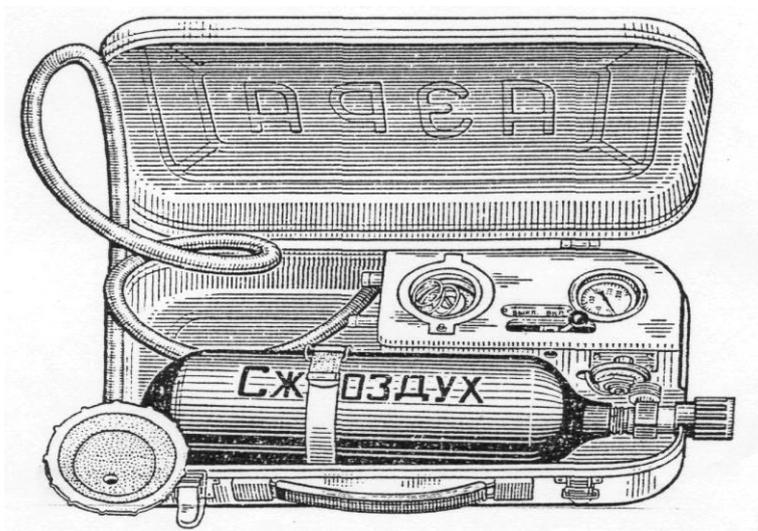


Рис. 5. Аспиратор «АЭРА»

АЭРА позволяет отбирать воздух со стабильной скоростью – 20 л/мин благодаря открыванию вентиля баллона со сжатым воздухом. После окончания отбора пробы фильтр извлекают, доставляют в лабораторию, повторно взвешивают и рассчитывают концентрацию пыли в воздухе.

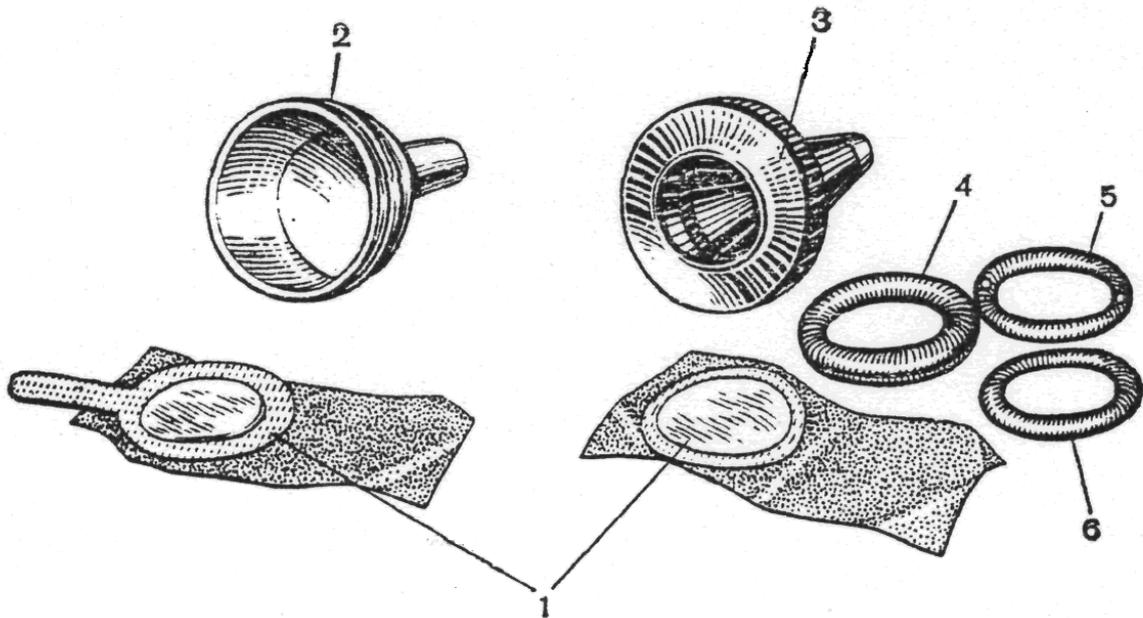


Рис. 6. Кассеты и аллонжи для отбора проб на фильтры АФА
(объяснение в тексте)

Расчёт концентрации пыли и оценка результатов

Расчёт концентрации пыли (мг/м^3) проводится по формуле:

$$\Pi = \frac{(M_2 - M_1) \cdot 1000}{V_0}, \text{ где}$$

Π – концентрация пыли, мг/м^3 ;

M_2 – масса фильтра с пылью, мг;

M_1 – масса чистого фильтра, мг;

1000 – перерасчёт на 1 м^3 (1000 л) воздуха;

V_0 – объём протянутого воздуха в л, приведенного к нормальным условиям, т. е. атмосферному давлению, равному 760 мм. рт. ст. и температуре 0°C .

V_0 – рассчитывается по формуле:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot B}{(273+t) \cdot 760}, \text{ где}$$

V_0 – искомый объём воздуха при 0°C и давлении 760 мм рт. ст., в л;

V_t – объём воздуха, взятый для исследования при данной температуре t и барометрическом давлении B , в л;

273 – коэффициент расширения газов;

(273+t) – поправка на температуру, основанная на законе Гей-Люссака, по которому объём всех истинных газов, а следовательно и воздуха, при нагревании на 1°С расширяется на 1,273 часть своего первоначального объёма;

B – поправка на давление, основанная на законе Бойля-Мариотта: объём газов обратно пропорционален тому давлению, под которым он находится.

Пример: Масса фильтра до отбора пробы 400 мг, после отбора – 420 мг. При отборе протянуто 200 л воздуха, температура воздуха была 27 °С, барометрическое давление – 760 мм рт. ст.

Приводим объём воздуха к нормальным условиям:

$$V_0 = 200 \cdot \frac{760}{760} \cdot \frac{273}{(273+27)} = 182 \text{ л};$$

$$\Pi = \frac{(420-400) \cdot 1000}{182} = 109,8 \text{ мг/м}^3.$$

Полученную величину сравнивают с ПДК для данного вида пыли и дают гигиеническую оценку её содержанию в воздухе (меньше ПДК, соответствует или превышает допустимое содержание).

Определение дисперсного состава пылевых частиц производится микроскопией пылевых препаратов, приготовленных различными способами. В настоящее время их приготовление осуществляется путём просветления фильтров АФА, через которые был протянут исследуемый воздух. Для этого фильтры укладывают их фильтрующей поверхностью на чистое обезжиренное стекло и в течение нескольких минут выдерживают над парами ацетона. При этом ткань АФА быстро расплавляется и на стекле образуется прозрачная плёнка, в которой заключены пылевые частицы, хорошо видные под микроскопом. В случае, когда пылевые частицы растворимы в органических растворителях, пылевой препарат готовится путём естественного осаждения пылевых частиц на стекло, смазанное клейким веществом (глицерин, вазелин, 2 % раствор канадского бальзама в

ксилоле). Можно также пропустить запыленный воздух через 2-3 мл вазелинового масла или глицерина, залитых в поглотитель Полежаева (с. 64), а затем поместить каплю этого раствора на предметное стекло и микроскопировать.

Изучение морфологии пылевых частиц проводится по тем же пылевым препаратам, по которым исследовалась дисперсность. При изучении пыли, в составе которой преобладают ультрамикроскопические частицы, используется электронный микроскоп. Описывается конфигурация частиц, характер краёв (правильной или неправильной формы). Примеры морфологии различных видов пыли приведены на рис. 7.

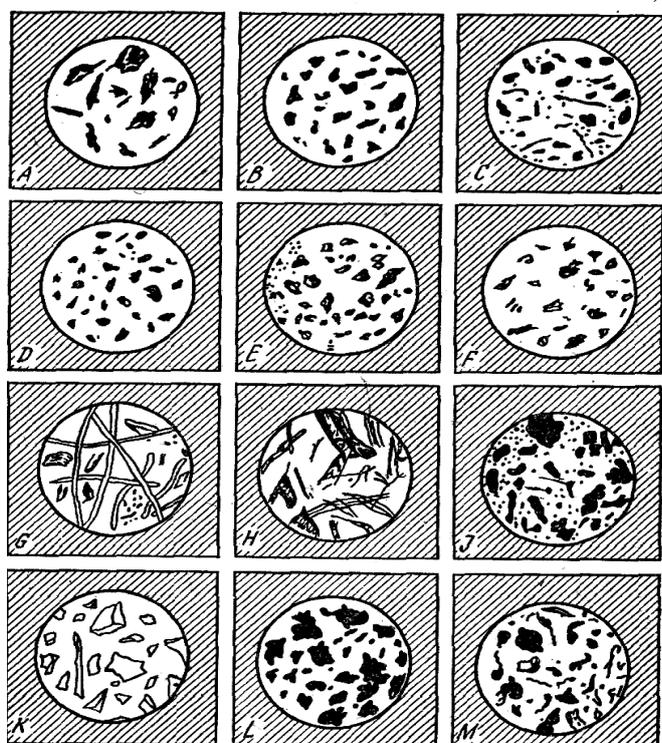


Рис. 7. Морфология пылевых частиц

- A, B – древесная пыль;
- C – пыль щетины;
- D – пыль шамота (огнеупорной глины);
- E, F – пыль кремния;
- G – конопляная пыль;
- H – пыль хвойного дерева;
- J – каменноугольная пыль;
- K – стеклянная пыль;
- L – бронзовая пыль;
- M – пыль при чистке литья.

В настоящее время для определения дисперсности пыли используют фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц (АЗ-5). С его помощью можно определить количество пылинок в объеме воздуха и степень дисперсности пыли. Работа прибора основана на принципе рассеяния света отдельными аэрозольными частицами. Благодаря количественной связи между размером частиц и интенсивностью рассеянного света проводится анализ частиц по размерам. Прибор состоит из аспирационного устройства, оптического датчика и электрического блока. Он позволяет опреде-

лить концентрацию аэрозольных частиц (от 1 до 300000) в 1 л воздуха и дисперсный состав аэрозольных частиц размером от 0,4 до 10 мкм.

1.2. Практическая часть

1. Познакомить студентов с аппаратурой для отбора проб воздуха и его исследования. Собрать под контролем преподавателя аспирационную установку для отбора проб воздуха на фильтр АФА.

2. Определить уровень запыленности воздуха, рассчитать концентрацию пыли в воздухе по материалам ситуационных задач и дать ей гигиеническую оценку. Сформулировать заключение и составить перечень необходимых профилактических мероприятий.

1.2.1. Ситуационная задача

В одном из цехов стекольного завода были отобраны пробы воздуха на содержание пыли. Условия отбора пробы: скорость пропускания воздуха 20 л/мин, время отбора пробы – 25 мин, барометрическое давление 760 мм рт. ст., температура воздуха – 20 °С. После определения в пробе обнаружено 6 мг пыли.

Задание.

Дать гигиеническую оценку содержания пыли в воздухе цеха, если известно, что в составе пыли содержится более 70% свободного диоксида кремния.

1.2.2. Контрольные вопросы

1. Производственная пыль – понятие, источники пылеобразования.
2. Классификация пыли по происхождению, механизму образования, дисперсности.
3. Гигиеническое значение основных физико-химических свойств пыли.
4. Виды действия пыли на организм работающих.
5. Неблагоприятные факторы, усугубляющие вредное влияние производственной пыли.

6. Профессиональные пылевые заболевания органов дыхания. Пневмокониозы – понятие, классификация; хронические пылевые бронхиты, рак легкого. Пылевые заболевания глаз и кожи.
7. Мероприятия по борьбе с пылью на производстве.
8. Пылевые заболевания глаз.
9. Заболевания кожи от воздействия пыли.
10. Методы исследования пыли.
11. Устройство и принцип действия электроасpirатора, АЭРА.
12. Принципы определения дисперсного состава и морфологии пылевых частиц.

ТЕМА 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЯДЫ. ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОТРАВЛЕНИЙ

Цель занятия – ознакомить студентов с основами промышленной токсикологии, воздействием на организм работающих производственных ядов и мерами профилактики профессиональных заболеваний и отравлений, а также дать представление о санитарно-химических методах определения содержания вредных химических веществ (ВХВ) в воздухе; научить давать гигиеническую оценку химического загрязнения воздушной среды.

Практические навыки:

1. Освоить методику отбора проб воздуха;
2. Освоить экспресс-метод исследования воздуха на содержание некоторых ядов (окись углерода, аммиак, бензин, бензол и др.);
3. Научиться оценивать полученные результаты путём сравнения с ПДК;
4. Научиться разрабатывать рекомендации по устранению загрязнений воздушной среды.

2.1. Актуальность темы

Многие виды профессиональной деятельности, связанные с получением, переработкой сырья, изготовлением и применением промышленной продукции, осуществляются в условиях воздействия на организм производственные ядов.

В настоящее время человечеству известно около 10 миллионов химических соединений, из них более 60 тысяч широко используются в быту, медицине, на производстве и в сельском хозяйстве. Количество их продолжает из года в год увеличиваться, по некоторым данным примерно на 1500 наименований ежегодно.

Химический фактор является основным в таких отраслях промышленности как химическая, нефтехимическая, химико-фармацевтическая, сельскохозяйственная и др. В процессе трудовой деятельности при неблагоприятных производственных условиях и нарушении технологического процесса химические вещества могут оказывать вредное

действие на работоспособность и здоровье работающих, вызывая профессиональные отравления и заболевания химической этиологии.

Будущему врачу необходимо иметь определенные знания в области промышленной токсикологии, понимание роли и значения химических загрязнителей как этиологических факторов многих заболеваний для правильного подхода при сборе анамнеза, для диагностики и лечения больного.

2.2. Основные токсико-химические понятия и термины

Производственные яды (ПЯ) – химические вещества, которые в качестве исходных, промежуточных, побочных или конечных продуктов производственного процесса попадают в организм человека и оказывают вредное влияние на работающего, приводящее к нарушению его здоровья или здоровья его потомства.

Токсикология – наука, изучающая механизмы действия химических веществ на организм человека и животных, закономерности развития патологических процессов и разрабатывающая методы диагностики, лечения и профилактики отравлений.

Промышленная токсикология – раздел гигиены труда, изучающий действие химического фактора с целью создания безвредных и безопасных условий труда на производстве.

Токсичность – свойство (способность) химических веществ, действуя на биологические системы немеханическим путем, вызывать их повреждение или гибель, или, применительно к организму человека, ***способность вызывать нарушение работоспособности, заболевание или гибель.*** Чем в меньшем количестве вещество способно вызывать повреждение организма, тем оно токсичнее.

Теоретически не существует веществ, лишенных токсичности. При тех или иных условиях обнаружится биологический объект, реагирующий повреждением, нарушением функций, гибелью на действие вещества в определенных дозах.

Токсикант – понятие, употребляющееся не только для обозначения веществ, вызвавших интоксикацию, но провоцирующих и другие формы токсического процесса, и не только организма, но и биологических систем иных уровней организации: клеток (**цитотоксикант**), популяций (**экотоксикант**).

Отравления и заболевания, возникающие от воздействия вредных веществ в процессе выполнения работы на производстве, называются **профессиональными отравлениями и заболеваниями**. В реальных производственных условиях вероятность развития интоксикации тем или иным веществом обусловлена не только его токсичностью, но и возможностью поступления в организм в опасных для жизни количествах.

Опасность – вероятность возникновения вредных для здоровья эффектов в реальных условиях производства и применения химических продуктов.

К физико-химическим свойствам, определяющим токсичность и опасность химически активных веществ, относятся: агрегатное состояние, дисперсность, растворимость в липоидах и воде. По степени растворимости в липоидах и воде ($P_{o/w}$) все вещества разделены на 9 классов (классификация Н.В. Лазарева):

а) **электролиты с высокими гидрофильными свойствами**: 1-3 классы $P_{o/w} = (10^{-3}-10^{-1})$; наиболее опасен ингаляционный путь поступления этих веществ в организм, они быстро растворяются в плазме крови, способны вызывать острые отравления;

б) **вещества, хорошо растворимые и в воде и в жирах**: 4-5 классы ($P_{o/w} = 10-10^2$); могут проникать в организм как ингаляционным и пероральным путем, так и через неповрежденную кожу;

в) **неэлектролиты с высокими гидрофобными свойствами**: 6-9 классы ($P_{o/w} = 10^3-10^6$); легко проникают через кожу, депонируются в богатых липидами органах.

2.3. Классификация производственных ядов

Применяемые в промышленности соединения, в зависимости от решаемых задач, могут оцениваться с помощью различных классификаций.

1. Химическая классификация: **органические, неорганические и элементоорганические.**
2. По пути поступления в организм: вещества **ингаляционного, перорального и перкутанного действия.**
3. По характеру воздействия на организм человека: **общетоксическое** (острое, подострое, хроническое); **местное раздражающее; сенсibiliзирующее** (промышленные аллергены); вызывающие специфические эффекты, в том числе отдаленные (отсроченные): **мутагенный, гонадо-, эмбриотропный, канцерогенный** и другие.
4. По степени токсичности: **чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные, мало токсичные.**
5. По степени опасности:
 - 1 – **чрезвычайно опасные** (бластомогенные, мутагенные, гонадо- и эмбриотропные вещества);
 - 2 – **высокоопасные** (вещества судорожного и нервно-паралитического действия; наркотики, вызывающие поражение паренхиматозных органов и оказывающие чисто наркотический эффект);
 - 3 – **умеренно опасные** (вещества, вызывающие угнетение костного мозга, гемолитики);
 - 4 – **малоопасные** (вещества, раздражающие слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей, кожу).
6. По агрегатному состоянию: ПЯ могут быть в виде **газов, паров, жидкостей, аэрозолей, твердых веществ, смесей.**

2.4. Пути поступления производственных ядов в организм

В воздухе производственных помещений вредные химические вещества могут находиться в различных агрегатных состояниях и поступать в

организм тремя основными путями: **через органы дыхания, неповрежденную кожу, желудочно-кишечный тракт, а в отдельных случаях и через слизистую оболочку глаз.**

Для того, чтобы химическое вещество могло попасть в кровяное русло, оно должно пройти через одну или несколько полупроницаемых мембран, таких как эпителий желудочно-кишечного тракта, выстилающий эпителий дыхательных путей или эпидермис кожи. Абсорбция химического вещества зависит от его физико-химических свойств, размеров молекулы и ее формы, степени ионизации и растворимости в липидах и воде.

Дыхательный путь поступления ядов в организм. Легочный эпителий представляет собой тонкую структуру, имеющую большую поверхность (более 100 м^2), тесно соприкасающуюся с широкой сетью капилляров, поэтому абсорбция чужеродных веществ может происходить здесь с большой скоростью.

Всасывание **паров и газов** происходит частично уже в верхних дыхательных путях и трахее. Установлены закономерности сорбции ядов через легкие для двух групп химических веществ. Первую группу составляют так называемые **нереагирующие пары и газы**, названные так вследствие своей малой химической активности, в организме они не изменяются или их превращение происходит медленнее, чем накопление в крови. К ним относятся пары всех углеводородов ароматического и жирного ряда и их производные.

Вначале насыщение крови газами или парами происходит быстро вследствие большой разницы парциального давления, затем замедляется и, наконец, когда парциальное давление газов или паров в альвеолярном воздухе и крови уравнивается, насыщение крови ими прекращается. Удаление газов и паров через легкие также происходят быстро на основе законов диффузии. Если при постоянной концентрации газов или паров в воздухе в течение короткого времени не наступило острое отравление, то в дальнейшем оно не наступит, так как при вдыхании, например, вредных ве-

ществ с наркотическим эффектом действия (бензол, бензин), состояние равновесия концентраций в крови и альвеолярном воздухе устанавливается мгновенно.

Вторую группу составляют **реагирующие пары и газы**. Быстро растворяясь в жидкостях организма, они легко вступают в химические реакции и превращаются в новые соединения. К таким ПЯ относятся легко реагирующие с водой оксиды азота и серы, аммиак и некоторые другие соединения.

Уровень и скорость насыщения крови газами и парами у различных соединений зависит от **коэффициента распределения (K)**, который представляет собой отношение концентрации паров в артериальной крови к концентрации их в альвеолярном воздухе ($K = \text{кровь/воздух}$). *Нереагирующие неэлектролиты* с высоким K (спирт, ацетон) длительно переходят из воздуха в кровь. Соединения с низким K , например, углеводороды, быстро достигают равновесной концентрации между кровью и воздухом.

Зная коэффициент распределения для каждого вещества, можно предусмотреть опасность быстрого и даже смертельного отравления. Пары бензина, например ($K=2,1$), при больших концентрациях способны вызвать мгновенное острое или смертельное отравление, так как бензин насыщает кровь очень быстро, а пары ацетона ($K=400$) не могут вызвать мгновенное, тем более смертельное отравление, т. к. они медленно насыщают кровь. Поэтому при их вдыхании по появляющимся симптомам можно предупредить возможное острое отравление, удалив человека из опасной зоны.

На практике используют **коэффициент растворимости**, т. е. распределения вещества в воде (коэффициент растворимости Освальда), имеющих примерно такой же порядок величин, как и коэффициент распределения, т. е., вещество хорошо растворимое в воде, хорошо растворяется и в крови.

Попавшие в легкие токсичные и хорошо растворимые аэрозоли представляют большую опасность, так как резорбция их в кровь может

начинаться по всей площади дыхательных путей и приводить к быстрому токсическому действию на организм.

При малой токсичности вещества его аэрозоль действует на ткани в основном как механический раздражитель. В этом случае хорошая растворимость является благоприятным фактором, способствующим быстрому удалению ПЯ со всех участков дыхательных путей.

Всасывание ядов через кожу. Строение кожи дает возможность быстрого проникновения через эпидермис как жиро-, так и водорастворимых веществ. Этими свойствами в полной мере обладают углеводороды ароматического и жирного рядов, их производные, фосфорорганические, металлоорганические соединения и др. Сочетание высокой токсичности веществ с хорошей водо- и жирорастворимостью способствуют значительному возрастанию опасности отравления при поступлении через кожу. Доказана возможность солей некоторых металлов (медь, свинец, висмут, мышьяк, ртуть, таллий и др.) проникать через эпидермис после того, как они, соединившись с выделениями сальных желез или жирными кислотами внутри рогового слоя, становятся жирорастворимыми соединениями. Цинк и кадмий, образуя белковые комплексы, также проникают через кожу.

К факторам, которые влияют на проникновение веществ через кожу, относятся: степень её гидратации, величина рН, температура, площадь поверхности контакта с веществами, снабжение кровью и др. Жидкие органические вещества с большой летучестью быстро испаряются с поверхности кожи, но если они входят в состав мазей, паст, клеев, то задерживаются длительное время на коже и проникают в кровь. Поверхностные повреждения кожи способствуют усилению проникновения токсических веществ в организм.

Всасывание ядов через желудочно-кишечный тракт. Механизм проникновения в органы пищеварения ядов, находящихся в воздухе, обусловлен их растворением в слюне и всасыванием уже в ротовой полости.

ПЯ могут поступать в пищеварительный тракт с пищей и питьевой водой. В полости рта всасываются все липидорастворимые соединения, некоторые соли, особенно цианиды, фенолы.

Резорбция яда из желудка зависит в значительной степени от рН желудочного сока, образования слизи, характера пищи и др. Желудочные секреты могут значительно изменять яды, а также увеличивать их растворимость. Например, при всасывании металлов из желудка они могут менять свои свойства – железо переходит из двухвалентного в трехвалентное, нерастворимые соли свинца – в более растворимые.

Вследствие большой поверхности и обильного кровоснабжения наиболее интенсивно абсорбция протекает в тонком кишечнике.

Всасывание металлов в кишечнике происходит на разных уровнях, как правило, в верхних отделах (хром, марганец), в нижних всасываются железо, медь, ртуть, таллий, сурьма. Щелочные металлы (натрий, калий, литий и др.) резорбируются быстро и полно. Щелочноземельные металлы всасываются значительно меньше за счет образования трудно растворимых комплексов с жирными кислотами. Усиленная перистальтика кишечника обычно тормозит процесс абсорбции в нем.

2.5. Распределение химических веществ в организме

Характер распределения ПЯ во многом определяется их способностью растворяться в воде или липидах. Относительно равномерно распределяются в организме **липофильные неэлектролиты**. Они проникают путем пассивной диффузии через мембраны клеток и распределяются как во внеклеточных, так и во внутриклеточных жидкостях организма. Для данной группы химических веществ барьеров в организме не существует: их распределение в организме определяется в основном условиями кровоснабжения органов и тканей – чем оно больше, тем больше содержание вещества.

Гидрофильные электролиты распределяются в организме неравномерно. Большинство их не проникают в клетки, а распределяются в ос-

новном в плазме крови и интерстициальной жидкости. Способность электролитов проникать в клетку резко ограничена и зависит от заряда ее поверхностного слоя.

В некоторых системах организма препятствием для гидрофильных соединений являются гистогемические барьеры, такие как: гематоэнцефалический, гематоофтальмический, гематотестикулярный и плацентарный.

Перенос химических соединений по сосудистому руслу возможен различными путями. Например, органические соединения, которые в основном являются неэлектролитами, растворяясь в крови, могут, проникнув в эритроциты, сорбироваться на гемоглобине или связываться с альбуминами.

Соли металлов диссоциируют на ионы и нейтральные молекулы, быстрота этого процесса определяется константой диссоциации.

Быстро всасываются и быстро выводятся из организма щелочные металлы – литий, натрий, рубидий, калий. Щелочно-земельные металлы (кальций, стронций, барий) образуют плохо растворимые гидроокиси и слабо связанные с белками комплексы, что затрудняет их резорбцию и выведение из организма.

Отмечено сродство некоторых металлов к белкам и аминокислотам. С аминокислотами связываются ртуть, серебро, свинец, медь, цинк, кобальт преимущественно через сульфгидрильные группы.

Тяжелые металлы образуют гидроокислы, фосфаты, альбуминаты, плохо растворимые в воде и поэтому медленно всасывающиеся из желудочно-кишечного тракта.

Мышьяк и свинец в основном содержится в эритроцитах крови. С эритроцитами по организму распространяются такие элементы как хром, сурьма, селен, калий, рубидий.

2.5.1. Депонирование ядов

Если выделение яда или его превращение происходит медленнее, чем поступление, то он способен накапливаться в организме и оказывать длительное негативное действие.

Этот процесс называется **депонированием**. Для липидорастворимых веществ наибольшей емкостью обладает жировая ткань и органы, богатые липидами (костный мозг, семенники и др.). Бензол может задерживаться в жировой ткани до 48 часов, некоторые пестициды – до нескольких месяцев.

Распределение электролитов в тканях очень неравномерно. К примеру, хром, никель, селен равномерно распределяются по всем органам. Другие яды могут накапливаться в тех органах, которые имеют высокий обмен веществ (печень, почки, эндокринные железы), и там, где они содержатся как микроэлементы или участвуют в процессах синтеза гормонов и др. Марганец, молибден задерживаются в гипофизе, кадмий, цинк – в семенниках, кобальт, цезий – в поджелудочной железе.

Наибольшее количество свинца накапливается в костях, затем в печени, почках, мышцах, а через 16 дней после прекращения его поступления в организм весь свинец переходит в костную ткань. Соединения фтора накапливаются в костях, зубах, в небольшом количестве – в печени и коже. Деponированные соединения постепенно могут высвобождаться и поступать в кровь, оказывая токсическое действие.

2.5.2. Превращение химических веществ в организме

Метаболическая трансформация химических веществ в организме, как правило, приводит к образованию менее токсичных веществ. Однако некоторые метаболиты обладают более высокой токсичностью, чем исходные вещества. Например, в результате превращения фторкарбоновых кислот в организме происходит синтез фторацетатов, обладающих высокой биологической активностью.

Метаболическая трансформация вещества осуществляется, главным образом, в печени и катализируется митохондриальной и микросомальной фракциями ферментов. Биохимические превращения могут быть разделе-

ны по видам реакций на четыре основные группы: **окислительные, восстановительные, реакции гидролиза и реакции синтеза**. Метаболические пути могут состоять как из одной, так и из нескольких реакций в любой комбинации. Завершающей стадией такого пути является реакция *присоединения*, заключающаяся в присоединении полярных эндогенных функциональных групп, что обычно повышает полярность молекулы, уменьшает ее жирорастворимость и поэтому облегчает ее выведение из организма.

Таким образом, знание процессов превращения ядов в организме позволяет влиять на них с целью ускорения обезвреживания ПЯ или диагностики интоксикации.

2.5.3. Выведение химических веществ из организма

Химические вещества выводятся из организма в виде исходных продуктов и метаболитов в основном с мочой и желчью, в меньшей степени – с выдыхаемым воздухом, потом, слюной, грудным молоком и калом.

Чаще токсические соединения и их метаболиты выделяются сразу несколькими путями, причем преимущественное значение имеет какой-либо один из них. Примером может быть этиловый спирт, большая часть которого подвергается в организме превращениям. Остальная часть, примерно 10 %, выделяется в неизменном виде, через легкие, затем с мочой и в небольшом количестве с калом, слюной и т. д.

Выделение из организма как органических соединений, так и металлов происходит обычно трехфазно, это связано с разными формами циркуляции и депонирования яда. В первую очередь удаляются из организма соединения, находящиеся в неизменном виде или недостаточно прочно связанные с биологическими компонентами организма (лигандами), затем происходит выделение части яда, находящейся в клетках в более прочно связанной форме, и в последнюю очередь покидает организм яд из постоянных тканевых депо. Фазность освобождения организма доказана для многих неэлектролитов, их метаболитов, а также для ядов-металлов.

Оценивают выведение ПЯ по времени, в течение которого выводится половина введенного в организм вещества ($T_{1/2}$) – период полувыведения. Так, период полувыведения цезия составляет более 70 дней, ртути – 100 дней.

Выделение вредных веществ через легкие. Скорость выделения вредных веществ зависит от **коэффициента распределения (К)**: чем меньше К, тем быстрее выделяется вещество. Выделение начинается сразу после прекращения поступления яда в организм. Это относится ко многим летучим органическим растворителям. Через легкие быстро выделяются бензин, бензол, хлороформ, этиловый эфир, медленно – ацетон, сложные эфиры.

Элиминация твердых аэрозолей из легких зависит от их физико-химических свойств и происходит за счет интерстициального дренажа и фагоцитоза. Некоторые частицы остаются в альвеолах длительное время и постепенно подвергаются растворению и выведению с током крови.

Выведение вредных веществ через желудочно-кишечный тракт. Через желудочно-кишечный тракт выделяются плохо растворимые или нерастворимые вещества: свинец, ртуть, марганец, сурьма и др. Свинец и ртуть могут выделяться вместе со слюной из полости рта. ПЯ, поступающие в организм как через легкие, так и через кожные покровы, проходя цикл детоксикации в печени, выделяются в желудочно-кишечный тракт с желчью и поступают в просвет кишечника.

Из просвета кишечника может происходить реабсорбция чужеродных веществ, через портальную вену они снова поступают в печень и частично выделяются через систему периферического кровообращения почек, таким образом повторяя цикл. Такой механизм получил название **печеночно-кишечная циркуляция**, способствующая задержке чужеродных соединений в организме и увеличению периода их полувыведения. Летучие неэлектролиты (углеводороды, спирты, эфиры и др.) практически не выделяются через желудочно-кишечный тракт.

Выведение веществ с мочой в значительной степени зависит от процесса их реабсорбции (обратной диффузии) из канальцев. Чужеродные вещества реабсорбируются путем простой диффузии. Это касается липофильных неполярных соединений, хорошо проникающих через биологические мембраны организма, поэтому жирорастворимые вещества могут реабсорбироваться из канальцев в кровь и тем самым продлевать свое нахождение в организме. Ионизированные химические вещества реабсорбируются плохо и сразу выводятся из организма с мочой. Слабые кислоты или основания, являясь полярными соединениями, плохо реабсорбируются, поэтому для их выведения важное значение имеет рН мочи. Так, при щелочной реакции мочи повышается выведение кислых соединений, а при кислой – оснований.

Переносимые одной и той же транспортной системой химические вещества конкурируют между собой, и скорость выведения одного вещества может понижаться при введении в организм другого.

Выделяются исключительно с мочой щелочные металлы (литий, рубидий, цезий) при любом пути их поступления в организм. Комплексные соединения бериллия, кадмия, свинца выделяются значительно быстрее, чем соли за счет хорошей растворимости вследствие облегчения их проникновения через биологические мембраны почек. По этой причине ускорению выведения металлов с мочой способствует применение различных комплексообразующих соединений, используемых в терапии отравлений.

Выделение вредных веществ из организма прочими путями. С грудным молоком выделяются неэлектролиты – хлорированные углеводороды, липофильные соединения, например, хлороформ, бензол и др. Выделение с молоком известно также для многих металлов – ртути, селена, мышьяка и др.

Через кожу сальными железами выделяются все растворимые в жирах вещества. Потовыми железами выделяются ртуть, медь, мышьяк, многие неэлектролиты (сероводород, этиловый спирт, ацетон, фенол), хлориро-

ванные углеводороды и др. Присутствие вещества в поте может привести к развитию дерматитов. В балансе выделения ядовитых соединений из организма эти пути не играют существенной роли, но они могут иметь значение в развитии интоксикации.

2.6. Зависимость токсического действия веществ от химической структуры

Характер и сила токсического действия тесно связаны с физико-химическими свойствами соединений, их структурой и пространственной композицией. Знание этих взаимосвязей позволяет в определенной мере прогнозировать характер возможного токсического действия, различные параметры токсичности и ориентировочные величины гигиенических нормативов.

По мере увеличения числа углеродных атомов в гомологическом ряду углеводородов токсическое наркотическое действие их увеличивается. Поэтому получаемые при перегонке нефти первые фракции менее ядовиты, чем дальнейшие; легкие бензины менее ядовиты, чем тяжелые; высшие спирты (бутиловый, амиловый) токсичнее, чем этиловый и пропиловый и т. д. К ароматическим углеводородам это правило оказалось неприменимым.

При разветвлении цепи углеродных атомов сила наркотического действия ослабевает, поэтому изомеры с длинной цепью более токсичны, чем изомеры с разветвленной цепью, хотя эмпирические формулы у них идентичны. Например, изопропиловый спирт менее токсичен, чем пропиловый спирт, имеющий неразветвленную углеродную цепочку, чем у изопропилового спирта. Изогептан менее ядовит, чем гептан.

При замыкании цепи углеродных атомов в кольцо сила наркотического действия возрастает. Доказана большая токсичность паров циклопропана, циклопентана, циклогексана и их гомологов по сравнению с парами соответствующих метановых углеводородов.

Введение в молекулу кратных связей дает возможность яду легче вступать в биологические реакции: все соединения трехвалентного мышьяка более ядовиты, чем пятивалентного; соединения двухвалентной серы более ядовиты, чем трехвалентной; соединения трехвалентного фосфора токсичнее, чем пятивалентного; резко возрастает токсичность в ряду от этана ($\text{CH}_3\text{-CH}_3$) через этилен ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) к ацетилену ($\text{HC}\equiv\text{CH}$).

Введение галогенов в молекулу органического соединения (в промышленности имеют значение фтор, хлор и бром) значительно повышает их токсичность и делает соединения способными вызывать специфическое действие (жировое перерождение паренхиматозных органов, поражение почек, сердца).

Атом галогена, находящийся в открытой цепи, гораздо более активен, чем атом галогена, находящийся в циклической структуре. Такие слезоточивые газы, как хлористый, бромистый и йодистый бензил с атомом галоида в боковой цепи ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{Cl}$ и т. д.) обладают резким раздражающим действием на оболочки глаз. В то же время хлорбензол с атомом хлора в бензольном кольце раздражающими свойствами не отличается.

Введение в молекулу нитро- и аминогрупп. Введение в бензольное кольцо амино- или нитрогрупп (анилин и нитробензол) приводит к появлению способности их к метгемоглобинообразованию за счет превращения двухвалентного железа гема в трехвалентное.

Пространственное расположение (изомерия положения). Изомерные формы соединения порой имеют различия в характере биологической активности. Так, *p*-фенилендиамин является классическим аллергеном, а *o*-изомер алергизирующими свойствами не обладает.

Биологическая активность неорганических соединений также может быть обусловлена химической структурой.

Так, элементы, атомы которых имеют большое число электронных оболочек и большой радиус, отличаются большей токсичностью. Например, цезий (6 оболочек) и рубидий (5 оболочек) намного токсичнее лития

(2 оболочки). Эта зависимость сохраняется при различных путях поступления яда в организм и в виде солей.

2.7. Избирательное действие производственных ядов

Среди ПЯ выделяют раздражающие, нейротропные, гепатотропные, нефротоксические, кардиотоксические, яды крови, аллергены, мутагены, канцерогены, тератогены и другие группы токсических веществ. Соответственно, при их воздействии может развиваться любой из известных патологических процессов – воспаление, дистрофия, сенсibilизация, пневмосклероз, фиброз, изменения в нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной системах, поражения органов дыхания, системы крови, тератогенное, мутагенное и бластомогенное действия.

Такое избирательное проявление действия может отмечаться как при воздействии минимальных количеств яда, так и при экспозиции в более высоких дозах и при длительном воздействии. Эти виды воздействия могут проявляться также на фоне общетоксических реакций.

При попадании на кожу ПЯ, обладающие **раздражающим** действием, могут вызывать различные нарушения – от легкой формы контактного дерматита до некротических язв. Отдельные вещества могут вызывать гиперпигментацию (продукты переработки нефти, соли плавиковой кислоты), окрашивание кожи ладоней, ног и ногтей в желтый цвет (тринитротолуол, динитрохлорбензол), в серый цвет (серебро). Никель вызывает сильный зуд кожи. Некоторые соединения способствуют развитию кератоза или выпадению волос (антрацен, хлоропрен, тринитротолуол, динитробензол), отмечено специфическое эпилирующее действие солей таллия.

Поражение органов дыхания. Хорошо растворимые хлор, аммиак, сернистый ангидрид чаще вызывают риниты, ларингиты, трахеиты, бронхиты, т. е. затрагивают в основном верхние и средние отделы органов дыхания.

Плохо растворимые яды (диметилсульфат, кадмий, марганец, ванадий, окислы азота, фосген, и др.) в основном поражают глубокие отделы – бронхи, бронхиолы, вызывая бронхолиты и отек легких. Длительное профессиональное ингаляционное воздействие веществ приводит к атро-

фическим или гипертрофическим изменениям слизистой с нарушением моторики ее ресничек. проявлением длительного воздействия на легкие аммиака, окислов азота может быть токсический пневмосклероз. В настоящее время в воздухе рабочей зоны из 3000 химических веществ нормированы в соответствии с наличием раздражающего ингаляционного действия лишь около 9 % веществ.

Специфическое поражение **сердечно-сосудистой системы** проявляется при воздействии вещества как непосредственно на миокард, так и на сосуды. К веществам, оказывающим специфическое воздействие на биохимические процессы, тем самым вызывающим нарушения окислительных процессов (гликолиз, нарушения проводимости и сократительной способности миокарда), относятся ртуть, ртутьорганические соединения, свинец и его соединения, хром, фторид натрия, ДДТ, фенолы и др.

Мышьяк обладает выраженным капилляротоксическим действием. Дистрофические изменения в сосудах миокарда вызывают кадмий, кобальт и его соединения («кобальтовая миокардиопатия»).

Влияние химических веществ **на нервную систему** проявляется при кратковременных воздействиях в виде легких расстройств по типу вегето-сосудистой дистонии (лабильность пульса, красный дермографизм, гиперфункция щитовидной железы), при продолжительных – появляются астеновегетативные нарушения (утомляемость, сонливость) или астеноорганические проявления и энцефалопатии (головные боли, эмоциональная неустойчивость, нарушения интеллекта).

Длительные воздействия химических соединений на организм могут приводить к поражению межучного мозга с характерными нарушениями координационных механизмов регуляции обменных, эндокринных, вегето-сосудистых процессов. Эти нарушения характерны для тяжелых интоксикаций тетраэтилсвинцом, хлорированными углеводородами, бензолом, бензином, цианидами. Невриты, полиневриты характерны при воздействии таллия, мышьяка, бромэтила и др.

Поражения крови и кроветворных органов. Определены три группы веществ, для которых отмечены специфические поражения крови:

1) вещества, вызывающие изменения гемоглобина крови, при попадании в организм влияют на порфириновый обмен и, соединяясь с железом, инактивируют гемоглобин за счет образования карбоксигемоглобина. Это приводит к нарушению процессов оксигенации и снижению транспортной функции гемоглобина, вызывая развитие гемической гипоксии в тканях (**окись углерода, нитро- и аминопроизводные бензола и его метаболиты, нитриты и нитраты натрия**);

2) вещества, вызывающие первичный гемолиз крови за счет повреждающего действия яда на оболочку эритроцитов или вмешательства в ферментативные процессы, обеспечивающие целостность эритроцитов (**мышьяковистый водород, фенилгидразин и др.**);

3) вещества, вызывающие первичное угнетение гемопоэза. Специфическое угнетение системы кроветворения характерно для хронического воздействия бензола. При его воздействии отмечается уменьшение количества полипотентных стволовых клеток. Одним из проявлений этого является снижение количества клеток в костном мозге и селезенке. При интенсивном и длительном воздействии бензола и его производных последовательно развиваются лейко-, тромбоцито- и эритроцитопения. Подобное, но менее выраженное действие, оказывают хлорбензол, гексаметиламин.

Гепатотропное действие ПЯ. Токсическое повреждение печеночной паренхимы при воздействии гепатотропных ядов происходит за счет нарушения внутридолькового кровообращения, а также за счет связывания сульфгидрильных групп белков. Нарушаются белковообразовательная и дезинтоксикационная функции печени, изменяется углеводный обмен.

При пероральном отравлении препаратами ртути преобладают атрофические изменения паренхимы печени, а при отравлении солями железа – некроз печени и печеночная кома.

Поражение почек. Более 20 металлов и их соединений (бериллий, бор, висмут, серебро, свинец, таллий, хром и т.д.) вызывают нефротоксические эффекты. Избирательным действием обладают ртуть, мышьяк, кадмий. Прямым воздействием на эпителий почечных канальцев объясняют некротическое действие выводимых почками тяжелых металлов.

Ароматические аминосоединения –при хроническом воздействии индуцируют доброкачественные опухоли, а впоследствии рак мочевого пузыря (бензидин, дианизидин, нафтиламин, анилин и др.).

Изменения в органах пищеварения характерны для интоксикации практически всеми соединениями, которые попадают в организм этим путем. Они могут иметь разные локализации и выраженность. Поражения зубов могут вызывать соединения фтора и фосфора, в слизистой ротовой полости и на деснах откладываются соли серебра, висмута, свинца, ртути, сурьмы. Нарушения в желудочно-кишечном тракте (гастрит, диспептические явления) вызывают селен, органические растворители, цинк, окислы азота, хром. Выраженное местное раздражающее действие на слизистую кишечника и желудка оказывают тяжелые металлы, сероуглерод, бромиды, йодиды и др.

2.8. Отдаленные последствия влияния ядов на организм

Изучение влияния различных производственных факторов на состояние репродуктивной функции организма показало высокую степень воздействия на нее химических веществ

Токсиканты способны вызывать нарушения в половых железах (яичниках и семенниках), влиять на выработку половых гормонов, как в половых железах, так и в гипофизе, нарушать процессы эмбриогенеза.

Гонадотропное действие химических веществ. Характер действия химических токсикантов на гонады тесным образом связан с процессами развития половых клеток, оплодотворения и эмбриогенезом.

Обследование работниц химических производств позволило выявить нарушение менструального цикла при действии капролактама, синтетических каучуков, фенолформальдегидных смол, диметиламина, сероуглерода, бензола, фенола и др. Учащение случаев бесплодия отмечено у работниц, контактирующих с бензолом, соединениями свинца, мышьяка, ксилолом, толуолом, ртутью.

Воздействие ядов на сперматогенный эпителий может происходить на всех этапах его дифференцировки, что приводит к уменьшению количества зрелых сперматозоидов (свинец, винилхлорид, фтор, стирол, ацетон, кадмий), снижению их оплодотворяющей способности (хлоропрен, соединения хрома) и к такому крайнему случаю гонадотропного действия, как бесплодие. Оно отмечалось у рабочих химических производств, имеющих стаж работы более 5 лет, контактирующих с соединениями свинца, мышьяка, сероуглерода, этилированного бензина.

Эмбриотропное действие производственных ядов. В начальные сроки беременности женщины химические соединения, поступая в организм в условиях производства, могут воздействовать как на мать, нарушая функционирование её органов и систем, так и на плод. Эти нарушения могут проявляться прекращением беременности, гибелью плода, появлением у него различных дефектов развития.

Тератогенное действие химических веществ (teratos – уродство).

Известно более 600 химических соединений, которые могут проникать через плаценту и нарушать развитие плода. Проявление тератогенного действия яда в значительной мере зависит от стадии эмбриогенеза, с которой совпало это воздействие. Определение наиболее чувствительных, так называемых «критических периодов» к воздействию различных веществ, возможно только при проведении экспериментальных исследований на животных

Выраженность действия вещества определяется его дозой и периодом воздействия.

Нарушение плацентарного барьера, воспаление и дистрофические изменения плаценты отмечаются при воздействии диметилформамида, формальдегида, толуола, стирола и др.

Отдаленные эффекты – развитие патологических процессов и состояний у индивидуумов, имевших контакт с химическими загрязнителями среды обитания, в отдаленные сроки их жизни, а также в течение жизни нескольких поколений их потомства. К ним относят **канцерогенез** и **генетический эффект** (генотоксическое или мутагенное действие).

Генотоксическое или мутагенное действие химических веществ – свойство химических веществ оказывать повреждающее действие на генетические структуры организма. Отмечено, что 80 % генотоксикантов проникают в организм с пищей, более 10 % – с водой, а остальные – с воздухом и через кожные покровы.

Опасными в отношении содержания мутагенов являются сталелитейное производство, электролитическое производство алюминия, свинца, предприятия по производству меди, хрома, кадмия, бериллия, хлоропрена, пестицидов, эпихлоргидрина, асбеста, резино-технических изделий, мебели, обуви.

Генотоксиканты при поступлении в организм могут оказывать влияние на хромосомный аппарат как соматических, так и половых клеток. Степень и характер нарушений зависят от точки приложения действующего яда. Проникая в клетки, он может инактивироваться или активироваться и воздействовать на клеточное деление, синтез ДНК, взаимодействовать с хромосомами, приводя к хромосомным нарушениям (*абберациям*).

Нарушения (*мутации*) в соматических клетках не передаются по наследству потомству человека, контактирующего с действующим ядом, но могут способствовать развитию приобретенных заболеваний, быть причиной злокачественных опухолей. Увеличение же генных или хромосомных нарушений в половых клетках влияет на частоту наследственных дефектов или заболеваний у потомства. Хромосомные мутации в половых

клетках сопровождаются снижением жизнеспособности плодов в виде спонтанных аборт, рождением живых детей с аномалиями (ахондроплазия, врожденная катаракта, полидактилия и др.), задержкой психического развития и возможной их стерильностью.

2.9. Виды действия производственных ядов

Выделяют четыре вида действия ПЯ: комбинированное, интермитирующее, комплексное, сочетанное.

Комбинированное действие ядов – это одновременное или последовательное действия на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. При комбинированном воздействии на организм могут наблюдаться различные эффекты. Согласно классификации различают несколько видов совместного действия ПЯ:

а). Суммация, аддитивный тип, когда эффект совместного действия равен сумме эффектов, возникающих при изолированном действии веществ. Он характерен для веществ наркотического или удушающего действия и веществ, раздражающих дыхательные пути – смеси оксидов азота и угарного газа. Этиловый спирт усиливает токсическое действие многих ПЯ.

б). Синергизм или потенцирование, когда одно вещество усиливает (потенцирует) действие другого вещества. Наглядным примером синергизма является повышение эффекта действия нитроглицерина, мышьяка, ртути и других веществ при одновременном воздействии на организм алкоголя за счет усиления всасывания через желудочно-кишечный тракт.

в). Антагонизм, когда одно вещество ослабляет действие другого эффект комбинированного воздействия меньше, чем при простой суммации.

г). Независимое действие – комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда. Независимое действие может проявляться при одновременном воздействии раздражающих газов с бензолом.

Интермиттирующее (перемежающееся, прерывистое) действие связано с колебаниями концентрации вещества во времени в течение рабочей смены – от крайне низких до превышающих предельно допустимые, что может привести к нарушению процессов адаптации.

При отравлении некоторыми ПЯ возможно проявление **метатоксического действия** – развитие патологического процесса после закончившегося отравления. Например, психозы, возникающие после ранее перенесенного отравления угарным газом.

Комплексное воздействие химических веществ имеет место при поступлении одних и тех же веществ различными путями с воздухом, водой, продуктами питания.

2.10. Сочетанное действие химических и физических факторов

Реальная производственная деятельность человека протекает в условиях воздействия не только ПЯ, но и других неблагоприятных факторов, таких, как высокая и низкая температура, повышенная и пониженная влажность, вибрация, шум, различного рода излучения и др. При **сочетанном** воздействии вредных веществ с другими факторами (физическими, химическими) эффект может оказаться более значительным.

Высокая температура не только увеличивает летучесть ядов и повышает их концентрации в воздухе рабочей зоны, но и нарушает терморегуляцию организма, что ведет к потере воды, водорастворимых витаминов, хлорида натрия, к ускорению биохимических процессов, учащению дыхания и усилению кровообращения, повышению температуры тела. Расширение сосудов кожи и слизистых повышает скорость всасывания ПЯ через кожу и дыхательные пути. **Понижение температуры** также ведёт к усилению токсического эффекта многих ПЯ (бензина, бензола, оксида углерода, сероуглерода и др.).

Повышенная влажность воздуха увеличивает возможность и опасность отравлений, особенно раздражающими газами, обусловленную

их растворением, образованием мельчайших капелек, их задержкой на поверхности слизистых, усилением гидролиза ПЯ.

Барометрическое давление, как повышенное, так и пониженное, способствуют возрастанию токсического эффекта ПЯ. При повышенном давлении это происходит по двум причинам: во-первых, вследствие усиленного поступления яда, обусловленного ростом парциального давления газов и паров в альвеолярном воздухе и ускоренным переходом их в кровь; во-вторых, вследствие изменения функций дыхания и кровообращения, состояния ЦНС и анализаторов. **При пониженном давлении** первая причина отсутствует, но усиливается влияние второй.

Шум и вибрация для многих ядов (окись углерода, бензол, четыреххлористый углерод) усиливают их токсическое действие, обусловленное функциональными изменениями в организме.

Лучистая энергия может уменьшать токсический эффект некоторых веществ (этилового спирта, оксида углерода) вследствие усиления окислительных процессов в организме. В условиях дефицита и избытка ультрафиолетового (УФ) облучения степень токсического действия химических веществ увеличивается, однако УФ излучение также формирует повышенную резистентность к химическим канцерогенам.

Физическая нагрузка чаще всего повышает токсическое действие ПЯ, обусловленное усиленным кровоснабжением работающих органов.

2.11. Факторы, влияющие на токсическое действие химических веществ

Видовые различия. Отмечены значительные видовые различия чувствительности к действию химических соединений, в частности, к ароматическим аминам, нитросоединениям, алкалоидам и др. Например, углекислый барий в 10 раз токсичней для мышей, чем для человека; метиловый спирт в 30 раз токсичней для человека, чем для мышей. Видовые различия определяются скоростью и характером обменных процессов, прежде всего, различиями в активности метаболизирующих ферментов печени. Различ-

ной чувствительностью к ядам обладают отдельные линии животных даже внутри одного вида (обычные белые мыши и линейные). Вопросы оценки видовой чувствительности к химическим веществам актуальны в связи с тем, что при гигиеническом нормировании проводят экстраполяцию полученных экспериментальных данных с животных на человека. Для повышения надежности экстраполяции вводят специальные коэффициенты запаса.

Половая чувствительность. Единого мнения о том, что женский организм более чувствителен к действию ПЯ, чем мужской нет, но он является более устойчивым к токсическому воздействию ряда веществ не только при однократном, но и при повторном их поступлении. Это отмечено при изучении длительного воздействия малых доз ртути, этилового спирта.

Возрастная чувствительность. Молодой организм обладает повышенной чувствительностью к действию свинца, сероуглерода, бензола, ацетона и других растворителей. В ряде экспериментов было выявлено, что независимо от вида животного (мышь, крыса, кролик, собака) новорожденные были более чувствительны к действию токсических веществ, чем молодые, и тем более взрослые животные. Вместе с тем к таким соединениям как адреналин, гистамин и некоторым наркотическим веществам, молодые и даже новорожденные животные были менее чувствительными, чем взрослые.

Индивидуальная чувствительность. Лица с нарушениями обмена, заболеваниями печени и почек более подвержены отравлениям, так как у них нарушаются выделительные и дезинтоксикационные функции. При выраженной анемии, расстройствах гемопозитической функции или особой чувствительности кроветворного аппарата наблюдается особенно сильная реакция на гематолитические яды.

Лица, имеющие поражения ЛОР-органов и верхних дыхательных путей, более предрасположены к действию раздражающих газов. Также большое влияние на степень индивидуальной восприимчивости к ПЯ ока-

зывает состояние вегетативной нервной системы, различные хронические заболевания.

2.12. Адаптация к ядам

В условиях воздействия химического фактора малой интенсивности могут не появляться признаки токсического действия, характерного для того или иного вещества, это может расцениваться как приспособительные или компенсаторные реакции организма. Реакция адаптивных систем организма многостадийная и характеризуется закономерной сменой фаз.

Фаза первичной реакции кратковременная, от нескольких часов до двух недель. В этот период происходит повышение активности симпатического отдела ЦНС, гипофизарно-адреналовой системы и активация функции щитовидной железы, печени, где происходит основная биотрансформация ядов. Иногда сдвиги вообще не отмечаются.

Фаза первичной декомпенсации. Для этой фазы характерно снижение уровня гомеостаза – снижается устойчивость к экстремальным нагрузкам (кровопотере, травме, интоксикации, физической нагрузке). Длительность и степень выраженности этой фазы зависят от количества действующего яда и экспозиции.

Фаза неспецифически повышенной резистентности формируется в том случае, если при продолжении воздействия количество действующего яда недостаточно велико для появления выраженных патологических изменений. По Н.В. Лазареву, это состояние называется **состоянием неспецифически повышенной сопротивляемости (СНПС)**, при котором повышению функционирования системы гипоталамус – гипофиз – кора надпочечников, усиливаются адренокортикотропная и секреторная активности гипоталамических ядер, повышается напряжение кислорода в мозговой ткани. Это способствует адаптации и повышению устойчивости организма к действию химических веществ. Период такого привыкания к яду может растягиваться на долгие годы без патологических проявлений, это зависит от характера действия яда, способности его к кумуляции, от ре-

жима воздействия (монотонный или интермиттирующий), от индивидуальных особенностей работающих, от воздействия других факторов среды.

Фаза привыкания прерывается периодами проявления интоксикации. Это связано с ослаблением компенсаторно-защитных механизмов, при заболеваниях, переутомлении. В связи с этим в организме происходят глубокие функциональные перестройки, характеризующие появление СНПС. Например, у животных после воздействия ацетона мышечная сила снижалась по сравнению с контрольной группой, а затем при продолжении воздействия веществом происходило ее увеличение.

Наиболее явным признаком привыкания к вредному веществу является исчезновение реакции на повторное его воздействие, что приводит к необходимости увеличения дозы для получения прежнего эффекта. Ослабление реакции со стороны какой-либо системы или органа тоже может свидетельствовать о привыкании. Выявлено наличие привыкания к органическим (углеводороды, amino- и нитросоединения, спирты, фосфоорганические соединения и др.), неорганическим (окислы металлов, окись углерода, сероводород), наркотическим веществам и раздражающим газам. Отмечено и наличие перекрестного привыкания к действующим ядам.

Фаза декомпенсации. Последний период интоксикации характеризуется наличием симптомов, специфичных для действующего яда, отмечается снижение уровня гомеостаза. Организм становится весьма чувствительным к действию яда.

Таким образом, привыкание к действию ПЯ представляет собой фазу отравления, замаскированную признаками адаптации, и этот этап лишь временно замедляет патологический процесс.

Когда в воздухе рабочей зоны происходит резкое колебание концентраций веществ, привыкание к ним маловероятно, и появление СНПС может не наступить, что приводит к появлению выраженной интоксикации. Активизация регулирующей системы привыкания к промышленным ядам

может увеличивать и общую сопротивляемость организма к воздействию других факторов или инфекциям, что обычно выявляется у работающих при амбулаторных обследованиях

2.13. Острые, подострые и хронические формы интоксикации

Острые интоксикации развиваются при кратковременном (7-8 ч) поступлении в организм относительно больших количеств токсических веществ и имеют непродолжительный скрытый (латентный) период. В производственных условиях острые отравления могут возникать чаще всего при авариях, разгерметизации оборудования или при применении неизученного вещества, несоответствующего технологическому регламенту. Описаны случаи, когда острое отравление бензином наступало почти молниеносно (при чистке цистерн) и характеризовалось возбуждением, слабостью, дрожанием рук и ног; иногда развивались рвота, тахикардия, озноб и даже быстрая смерть от паралича дыхательного центра. Очень большие концентрации сероводорода также вызывают молниеносную форму отравления со смертельным исходом в результате тканевой аноксии.

Иногда проявления острого отравления выявляется не сразу (отравления мышьяковистым водородом, оксидами азота), а через некоторый латентный (бессимптомный) период, когда еще отсутствуют специфические проявления отравления, а наблюдаются только неспецифические – головокружение, тошнота, общая слабость, легкая утомляемость. Наблюдаются случаи отравления цинком, который по существу не относится к ядам, однако образующиеся в процессе плавки мельчайшие частицы цинка могут вызывать так называемую «литейную лихорадку».

Исходом острой интоксикации может быть гибель, выздоровление или при повторных воздействиях развитие хронической формы поражения, часто с потерей трудоспособности.

Подострые интоксикации, как и острые, возникают при однократном поступлении яда в организм, но в меньших количествах и характеризуются менее выраженными расстройствами.

В результате модернизации технологических процессов и проведения гигиенических мероприятий в настоящее время происходит загрязнение воздуха рабочей зоны низкими концентрациями ПЯ, которые при длительном, многолетнем воздействии могут привести к развитию **хронических интоксикаций**, характеризующихся постепенным нарастанием функциональных и органических нарушений.

Порогом острого (Lim_{ac}) и хронического (Lim_{ch}) действия химических веществ считается минимальная концентрация, однократное или длительное действие которой вызывает статистически достоверные отклонения от нормы ряда функциональных или биохимических показателей состояния организма.

Степень опасности развития острого отравления ПЯ определяется по **коэффициенту возможности ингаляционного отравления (КВИО)**, равному отношению летучести вещества к токсичности при ингаляции в стандартных условиях: 20 °С, экспозиция 2 ч (мыши). Другим показателем является **зона острого действия (Z_{ac})**. Вещество тем опаснее для развития острого отравления, чем меньше разрыв между концентрациями, вызывающими начальные признаки отравления и концентрациями, вызывающими гибель. Например, амиловый спирт имеет очень узкую зону острого действия ($Z_{ac} = 3$). Это опасное вещество в плане возможности развития острого отравления.

Для оценки опасности развития хронического отравления используются **Z_{ch} (зона хронического действия)**, величина которой прямо пропорциональна опасности хронического отравления и **K_{cum} (коэффициент кумуляции)**. K_{cum} – это отношение суммарной средней смертельной дозы $\sum DL_{50}$, полученной в опыте с повторным введением вещества, к таковой же при однократном введении. Различают **кумуляцию материальную** (накопление вещества в организме) и **функциональную** (постепенное усиление эффекта воздействия при повторных поступлениях вещества в организм). Критерии оценки степени опасности показаны в табл. 2.

Классы опасности развития острых и хронических отравлений химическими веществами

Показатели опасности острых и хронических отравлений	Нормы для класса опасности отравлений			
	I чрезвычайно опасные	II высокоопасные	III умеренно опасные	IV Малоопасные
КВНО	> 300	300 – 30	29 – 3	<3
Z_{ac} (Cl_{50}/Lim_{ac})	< 6	6 – 18	18 – 54	>54
Z_{ch} (Lim_{ac}/Lim_{ch})	> 10	10 – 5	4,9 – 2,5	<2,5
K_{cum}	<1	1 – 2,2	2,3 - 5	>5

Хронические отравления чаще являются результатом функциональной кумуляции при воздействии хлорированных углеводородов, бензола, бензина и многих газов и паров, которые очень легко выделяются из организма с выдыхаемым воздухом. В случае отравления металлами обычно место материальная кумуляция.

При остром и хроническом отравлениях некоторые яды поражают одни и те же органы и системы, другие действуют разнонаправлено. Так, например, бензол при остром отравлении влияет преимущественно на центральную нервную систему, при хроническом вызывает лейкопению и поражение паренхиматозных органов.

2.14. Профилактика вредного воздействия химических веществ на организм

Законодательные мероприятия:

- санитарно-гигиенические регламенты (ПДК), ограничивающие содержание вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны;
- гигиеническая стандартизация сырья, промежуточных и конечных продуктов производства;
- рациональная организация условий труда и отдыха работающих на вред-

ных химических производствах (сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, ранний выход на пенсию).

Технологические мероприятия:

- внедрение непрерывной технологии, исключающей попадание ядовитых веществ в воздух рабочей зоны;
- устранение яда из производства или использование новых технологий, направленных на замену высокотоксичного вещества на нетоксичное; комплексная автоматизация и механизация производственных процессов;
- применение дистанционного управления в технологических процессах;
- использование пневмотранспорта.
- применение автоматически действующих сигнализаторов превышения концентраций установленных уровней ПДК для опасных аэрозолей, газов и паров.

Санитарно-технические мероприятия:

- устройство местной механической вытяжной вентиляции в зонах вероятных токсических выделений в виде вытяжных шкафов, бортовых отсосов, зонтов со скоростью движения воздуха в пределах от 0,25 до 1,5 м/с или общеобменной вентиляции с отрицательным воздушным балансом.

Если санитарно-технические мероприятия не устраняют воздействия ядовитых соединений на организм, особенно при работе в закрытых пространствах, при ремонтных работах, отборе проб необходимо использовать **средства индивидуальной защиты (СИЗ)** – противогазы, респираторы, спецодежду, защитные очки, пасты, мази, кремы и другие защитные приспособления.

Лечебно-профилактические мероприятия:

- проведение предварительных (при приеме на работу) и периодических медицинских осмотров лиц, работающих в условиях воздействия химического фактора;

- организация рационального и лечебно-профилактического питания;
- санитарно-просветительная работа на предприятиях – пропаганда знаний по предупреждению профессиональных болезней, пропаганда знаний в области личной и общественной гигиены.

2.15. Особенности и принципы гигиенического нормирования вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны

До 95 % всех профессиональных отравлений вызывает ингаляционное поступлением в организм работающих летучих вредных химических веществ (ВХВ) – (ПЯ). Поэтому знание методики определения загрязнения воздушной среды производственных помещений ВХВ необходимо врачу, в т. ч. цеховому терапевту, для гигиенической оценки условий труда и расследования причин отравлений на производстве.

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся работающие постоянно или большую часть рабочего времени – более 50 % или 2 часа непрерывно; при работе в различных пунктах – вся рабочая зона. В воздух рабочей зоны ВХВ могут поступать при разнообразных производственных процессах: термических, химических, механических, транспортных и др., поэтому на предприятиях проводится систематический плановый контроль за соблюдением предельно допустимых концентраций (ПДК) токсических веществ, содержащихся в воздухе. Гигиеническое нормирование ВХВ в воздухе рабочей зоны отличается рядом особенностей, обусловленных их уровнем, режимом и продолжительностью воздействия на трудоспособную часть населения. Для химических загрязнителей воздуха рабочей зоны разрабатываются и регламентируются два вида ПДК – максимально разовые и среднесменные.

ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны – это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов (но не более 41 часа в неделю) за весь период трудовой деятельности не вызывает возникновения заболевания или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомков,

обнаруживаемых современными методами исследований во время работы или в отдаленные сроки жизни.

Максимально разовая ПДК – это концентрация ВХВ в зоне дыхания работающих, усредненная периодом кратковременного отбора проб воздуха (15 мин).

Среднесменная ПДК – это средняя концентрация ВХВ, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха за период, составляющий не менее 75 % времени рабочей смены, или средневзвешенная по времени всей рабочей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания; она устанавливается наряду с максимально разовыми для веществ, обладающих выраженными кумулятивными свойствами (медь, ртуть, свинец и др.)

При установлении ПДК ВХВ в воздухе рабочей зоны в нашей стране руководствуются следующими принципами.

1. Принцип опережения разработки и внедрения профилактических мероприятий по сравнению с моментом поступления вещества в широкую практику.
2. Принцип стадийности токсикологических исследований, которые проводят синхронно со стадиями химической и технологической разработки производства нового продукта.
3. Принцип примата (prima – первый) медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (техническая достижимость, экономические требования).
4. Принцип пороговости всех видов действия химических соединений (в т. ч. мутагенного и канцерогенного).
5. Принцип единства организма со средой обитания, единства организма как биологической системы.

Гигиеническое нормирование ВХВ в настоящее время проводится в 3 этапа:

1. обоснование ОБУВ (ориентировочно безопасного уровня воздействия) как временного гигиенического норматива содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, устанавливаемого расчётными методами.

2. обоснование ПДК основывается на показателях токсикометрии в экспериментах на животных по порогу хронического действия и коэффициенту безопасности.

3. корректирование ПДК путём сравнения условий труда работающих и их состояния здоровья, при этом величина ПДК может быть пересмотрена с учётом данных о здоровье работающих или в связи с накоплением новых сведений о токсикологической характеристике данного соединения или близких к нему веществ.

При установлении ПДК в воздухе рабочей зоны обязательно исследуют воздействие ВХВ на кожные покровы, и для веществ, обладающих кожно-резорбтивным действием, обосновывают предельно допустимый уровень загрязнения кожи – ПДУ (мг/см²).

Разработка ПДК, ПДУ и гигиеническая оценка загрязнения воздушной среды производственных помещений осуществляется с помощью методов санитарно-химического анализа, а также физико-химических методов.

2.15.1. Определение вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны: общие принципы и методы

Прямой задачей санитарно-химического исследования загрязнения воздуха рабочей зоны является их качественное обнаружение и количественное определение. Поскольку чаще всего приходится определять очень малые количества вещества, измеряемые миллиграммами или их долями, методы определения должны быть высокочувствительными и точными. Однако нередко требуется дать быстрый ответ о наличии и концентрации ядов в воздухе, в таких случаях незаменимы менее точные экспресс-методы. Кроме того, при работе с веществами первого и второго классов опасности осуществляется мониторинг – автоматический непре-

рывный контроль динамики уровня загрязнений с помощью газоанализаторов.

Санитарно-химический анализ воздуха производственных помещений состоит из следующих этапов:

- тщательное изучение технологического процесса и оборудования с целью установления причины загрязнения воздуха ВХВ (на каких этапах производства какие яды и в какие периоды поступают в воздух); ознакомление с физико-химическими свойствами определяемых веществ (удельная масса, летучесть, растворимость, дисперсность, способность менять своё агрегатное состояние и др.);
- выбор точек отбора проб (места и периода) с учётом технологии, оборудования и зон пребывания работающих; составление карты-плана цеха (завода) с нанесением на нём точек отбора;
- отбор проб воздуха;
- анализ проб воздуха;
- оценка результатов.

Методы отбора проб воздуха; приборы

Пробы воздуха отбираются в зоне дыхания работающих – в рабочей зоне, в местах их временного пребывания и в т. н. нейтральных точках. Уровень отбора проб от пола и рабочих площадок устанавливается с учётом физико-химических свойств этих веществ и направлений токов движения воздуха. Обязательно производятся замеры температуры воздуха (t) и барометрического давления (P) в момент взятия пробы для приведения объёма отбираемого воздуха к т. н. нормальным условиям ($t=0$ °С, $P=760$ мм рт. ст.), при которых устанавливаются ПДК, по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{(V_t \cdot 273) \cdot P}{(273 + t) \cdot 760},$$

где V_0 – объём воздуха при нормальных условиях;

V_t – объём воздуха, взятый для исследования при данных t и P ;

273 – коэффициент расширения газов.

Аспирационный метод применяется в тех случаях, когда трудно определить в малом объёме микроколичества вещества, присутствие которого уже имеет гигиеническое значение. В его основе лежит принцип протягивания воздуха через поглотительные среды (жидкие или твердые), задерживающие и концентрирующие искомое вещество. Результат анализа пробы в этом случае отражает усреднённые концентрации вещества за время взятия пробы, которое может занимать до 30-60 мин для накопления яда.

Для отбора пробы необходимы воздухозаборные устройства, в качестве которых могут использоваться насосы, пылесосы, но наилучшим образом этой цели служат электроаспираторы (рис. 4). В них легко регулируется скорость протягивания воздуха – по верхнему краю поплавок реометров, два из которых градуированы от 0 до 20 л/мин, а ещё два – от 0 до 1 л/мин; последние и используют для определения газов и паров. Прибор требует обязательного заземления и используется только во взрывобезопасных условиях. В тех случаях, когда производственные процессы взрывоопасны, может использоваться АЭРА – автоматический эжекторный рудничный aspirator (рис. 5). Его действие основано на засасывании исследуемого воздуха при одновременно создаваемом разрежении за счёт быстрого, со скоростью 20 л/мин, движения воздуха из баллона со сжатым воздухом.

Протягивание исследуемого воздуха для поглощения вредных паров и газов производят через **поглотительные растворы** или твёрдые сорбенты, помещаемые в абсорберы (поглотительные приборы). Это стеклянные изделия разной конструкции, заполняемые раствором. Их устройство обеспечивает максимальный контакт протягиваемого воздуха с поглотительным раствором. Достигается это тем, что за счёт сужения нижней части поглотителя повышается высота столба жидкости через которую проходит анализируемый воздух. Для увеличения соприкосновения воздуха с раствором в некоторых поглотителях в нижнюю часть трубки впаяна стек-

лянная пористая пластинка. Верхняя часть поглотителя обычно расширена с целью уменьшения скорости движения воздуха, предупреждения вспенивания жидкости и её выброса.

Конструкции поглотительных приборов разнообразны (рис. 8), их называют чаще по имени автора или институтов (**поглотители Полежаева, Зайцева, Петри, Рыхтера, Гернет и др.**). В качестве поглотительных сред подбирают жидкости, растворяющие определяемые вещества или быстро реагирующие с ними. В условиях высоких и низких температур, когда возможно испарение или замерзание раствора в поглотителях, применяют твёрдые зернённые сорбенты – силикагель и активированный уголь в трубках или специальных поглотителях, из которых поглощенные вещества потом десорбируют соответствующими растворителями.

Одномоментный отбор проб производится при высоких концентрациях ВХВ в воздухе и применении высокочувствительных методов анализа несколькими способами.

1. Способ выливания жидкости из сосуда (бутыли), что приводит к заполнению его исследуемым воздухом; при этом горло бутылки должно находиться в точке отбора и сразу после выливания плотно закрываться пробкой.
2. Способ обмена воздуха заключается в том, что через сухой сосуд, в который отбирают пробу, продувают 10-кратный (по отношению к объёму сосуда) объём подлежащего исследованию воздуха.
3. Вакуумный способ заполнения сосуда является наиболее быстрым и удобным: в сосуде, предназначенном для отбора пробы, предварительно создают разрежение воздуха с помощью насоса и открывают его в точке отбора. После взятия пробы (в бутылки известной ёмкости, газовые пипетки) любым методом они направляются в лабораторию для анализа.

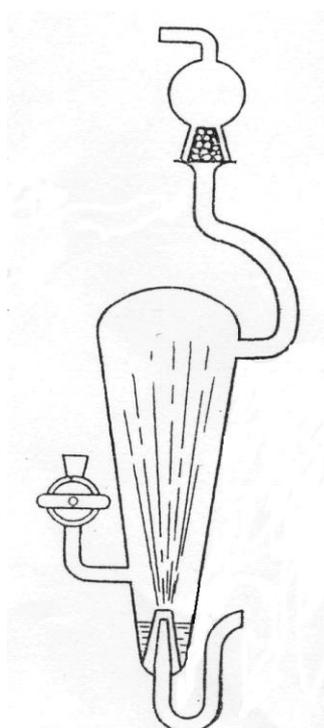
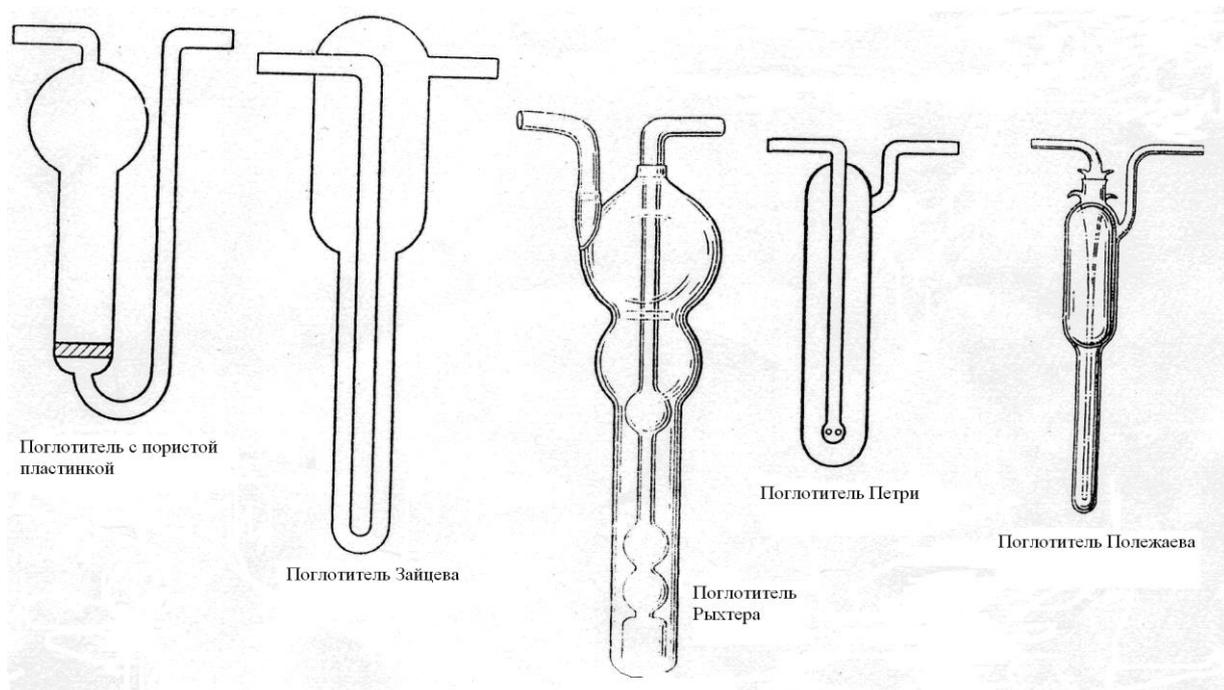


Рис. 8. Поглощительные приборы

Поглотительный прибор Гернет

2.15.2. Методы санитарно-химического анализа проб воздуха

Пробы воздуха, отобранные аспирационным методом в жидкие поглотительные среды, представляют собой растворы и могут быть сразу подвергнуты анализу.

В пробах, отобранных в ёмкости (сосуды) одномоментным методом, определяемое вещество находится в воздухе и его либо переводят в раствор, либо воздух перегоняют аспиратором через соответствующие поглотительные растворы, и анализируется содержание поглотителей.

Для анализа воздуха промышленных предприятий чаще всего применяют методы, позволяющие определить **малые количества токсических веществ**. Наряду с традиционными химическими (титрометрическими и др.) применяются фотометрический, хроматографический, полярографический, люминесцентный, спектроскопический и другие методы исследования. По результатам анализа дают гигиеническую оценку содержания ВХВ в воздухе рабочей зоны.

Пример. В гальваническом цехе электротехнического завода отбирали пробу воздуха на содержание хромового ангидрида в течение 10 мин со скоростью 10 л/мин. Температура воздуха в цехе в момент отбора пробы была 20 °С, атмосферное давление 760 мм рт. ст. При анализе поглотительного раствора в нём обнаружено 30,0 мкг хромового ангидрида.

Приводим объём воздуха к нормальным условиям:

$$V_0 = \frac{(V_t \cdot 273) \cdot B}{(273 + t) \cdot 760},$$

где V_0 – искомый объём воздуха при 0 °С и давлении 760 мм рт. ст.;

V_t – объём воздуха, взятый для анализа при данной температуре t и барометрическом давлении B ;

273 – коэффициент расширения газов.

$$\text{В данной задаче } V_0 = \frac{(10 \cdot 10 \cdot 273) \cdot 760}{(273 + 20) \cdot 760} = 93 \text{ л.}$$

Содержание хромового ангидрида – (X) в 1 м³ воздуха определяется по формуле:

$$X = \frac{30 \cdot 1000}{93} = 0,322 \text{ мг/м}^3,$$

что превышает ПДК для CrO₃ = 0,1 мг/м³ более чем в 3 раза.

2.16. Экспрессные методы определения ВХВ; приборы

Различают 3 группы экспресс-методов по определению ВХВ:

- **методы визуальной колориметрии** – сопоставление окраски погложительного раствора, которая появляется после протягивания исследуемого воздуха, со стандартной шкалой);
- **методы с применением реактивной бумаги** позволяют проводить качественный и количественный анализ содержания ВХВ: о наличии того или иного вещества судят по появлению характерной окраски, а о концентрации вещества – по её интенсивности;
- **линейно-колористические методы с применением индикаторных трубок.**

В настоящее время для определения многих ВХВ применяется, в основном, линейно-колористический метод, основанный на изменении цвета индикаторного порошка, заключенного в стеклянную трубку. Определение ВХВ в воздухе осуществляется при помощи специальных приборов – универсального газоанализатора (УГ-2), химического газоопределителя (ГХ), "Прибора СО" и др.

Универсальный газоанализатор типа УГ-2 (рис. 9) предназначен для

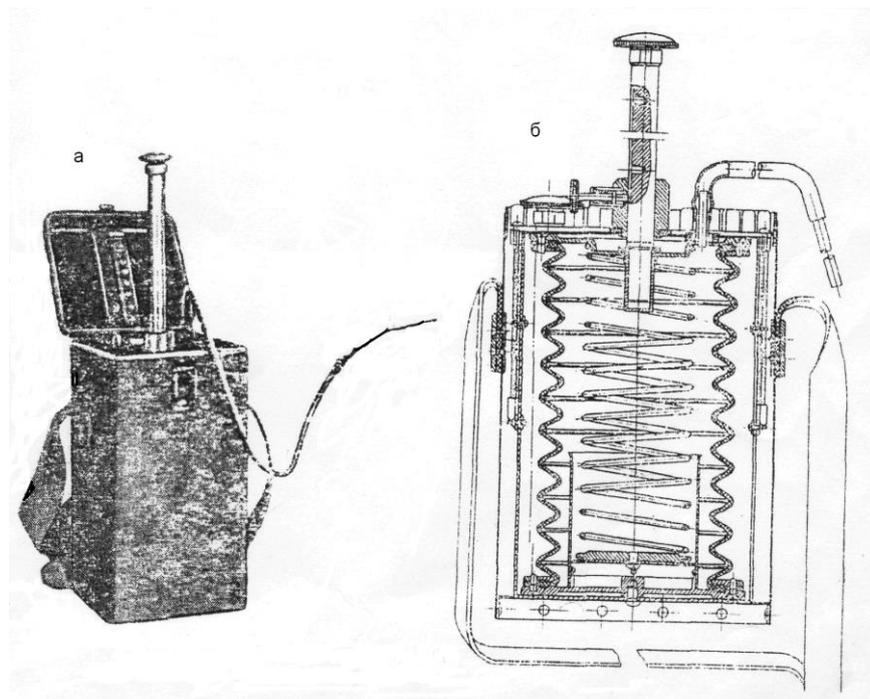


Рис. 9. Универсальный газоанализатор
а – общий вид;
б – внутреннее устройство

быстрого количественного определения различных паро- и газообразных ВХВ (паров бензина, бензола, толуола, оксида азота, аммиака, ацетона, окиси углерода и др.).

Принцип действия УГ-2 основан на измерении длины окрашенного столбика индикаторного порошка, помещенного в индикаторную трубку. Длина столбика индикаторного порошка, окрашенного в результате реакции с поглощенными ВХВ, пропорциональна их концентрации в воздухе; она измеряется по приложенным к прибору шкалам, градуированным в мг/л (мг/м^3).

В состав УГ-2 входят:

- воздухозаборное устройство – резиновая камера (сильфон), внутри которой помещена пружина;
- индикаторные трубки;
- измерительные шкалы;
- набор штоков, позволяющих отбирать различные объёмы ВХВ.

На верхней панели прибора расположена неподвижная втулка, куда вставляется шток, с помощью которого сжимается сильфон. На втулке имеется стопор, фиксирующий шток для просасывания воздуха через индикаторную трубку. Последняя соединяется с резиновой трубкой, надетой на штуцер сильфона.

Индикаторная трубка представляет собой стеклянную трубочку (длина 90 мм, внутренний диаметр 2,5 мм), заполненную порошком – силикагелем или фарфором, которые обрабатывают реактивами, изменяющими цвет при соприкосновении с определяемыми ВХВ. Состав индикаторных порошков различен для разных веществ: для определения бензина – это силикагель, пропитанный раствором йодата калия в концентрированной серной кислоте; для определения аммиака – это фарфоровый порошок, обработанный спиртовым раствором бромфенолового синего; для определения сероводорода – силикагель, обработанный раствором флюоресцина и бромида калия (желтый цвет его переходит в розовый) и т. д. Белый ин-

дикаторный порошок для определения бензина при прохождении через трубку паров бензина приобретает коричневый цвет, пары аммиака окрашивают оранжево-кирпичный порошок в синий цвет и т. д.

Индикаторные трубки с помощью специальной микроворонки заполняют индикаторным порошком, который находится в запаянных ампулах. Порошок в трубке удерживается с обеих сторон с помощью двух ватных пыжей, а концы её заливаются сургучом. Готовят трубки непосредственно перед определением (*ex tempore!*).

Порядок работы с прибором УГ-2

На месте проведения анализа открывают крышку прибора и совершают следующие операции:

1. оттягивание стопора;
2. вставление штока в направляющую втулку;
3. продувание сиффона исследуемым воздухом (10-кратное);
4. установка штока на нужную глубину, указанную на бороздке штока;
5. закрепление штока стопором;
6. присоединение к штуцеру сиффона индикаторной трубки;
7. отведение стопора.

При отведении стопора под натиском пружины сиффон расправляется и засасывает исследуемый воздух через индикаторную трубку. Протягивание воздуха продолжается до тех пор, пока кончик стопора не войдёт в нижнее отверстие штока (в это время слышен щелчок). После этого выдерживают паузу (5-7 мин), т. к. просасывание воздуха через трубку из-за отрицательного давления, образовавшегося в сиффоне, ещё продолжается.

По окончании протягивания воздуха индикаторную трубку освобождают и, устанавливая её на соответствующую измерительную шкалу, определяют концентрацию исследуемого вещества в воздухе (мг/м^3).

Размытость границ раздела окрасок слоёв исходного и прореагировавшего порошка не должна превышать 2 мм. Отсчёт результата измере-

ния проводят от середины размытости. При размытости границы, превышающей 2 мм, измерение необходимо повторить.

2.17. Самостоятельная работа студентов

1. Подготовить и собрать установку для отбора пробы воздуха аспирационным методом (при участии преподавателя).
2. Определить с помощью УГ-2 содержание в воздухе (имитация загрязнения) паров бензола, аммиака и окиси углерода. Дать гигиеническую оценку качеству воздуха, сопоставив полученные данные с ПДК этих веществ (табл. 3).

Таблица 3

ПДК в воздухе рабочей зоны

№ п/п	Название вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние	Класс опасности в условиях производства
1.	Аммиак	20	Пары	IV
2.	Бензол+	15/5	Пары	II
3	Оксид углерода	20	Газ	IV

Примечание: + – опасность при поступлении через кожу.

2.17.1. Ситуационные задачи

Задача № 1

При плановом исследовании воздуха в одном из цехов завода "Эмальпровод" обнаружен бензол в концентрации 27 мг/м³.

Задание.

1. Дать гигиеническую оценку качеству воздуха в цехе завода.
2. Какие профилактические мероприятия необходимо провести в цехе завода: тактика цехового врача.

Задача № 2

В воздухе цеха электролампового завода в течение 3-х недель обнаруживается незначительно повышенное содержание бериллия (0,0015-0,0019 мг/м³). ПДК бериллия для воздуха рабочей зоны – 0,001 мг/м³, вещество относится к I-му классу опасности.

Задание.

Какие профилактические мероприятия необходимо провести в цехе завода; тактика цехового врача (полная программа его действий, их последовательность), прогнозирование санитарной ситуации.

4. Обсуждение полученных результатов

2.17.2. Контрольные вопросы

1. Производственные яды: определение понятия.
2. Классификация производственных ядов.
3. Пути поступления ПЯ в организм. Понятие «коэффициент распределения».
4. Пути выведения химических веществ из организма.
5. Зависимость токсического действия веществ от химической структуры.
6. Специфическое действие химических веществ на органы и системы.
7. Отдаленные последствия влияния ядов на организм.
8. Эффекты комбинированного действия химических веществ.
9. Факторы, влияющие на токсическое действие химических веществ.
10. Адаптация к ядам. Фазы. Понятие СНПС.
11. Острые, подострые и хронические интоксикации. Пороги острого и хронического действия химических веществ. Понятие КВИО.
12. Мероприятия по предупреждению вредного воздействия химических веществ на организм.
13. Понятие ПДК, максимально разовая, среднесменная.
14. Принципы установления ПДК в воздухе рабочей зоны.
15. Этапы санитарно-химического исследования воздуха рабочей зоны.
16. Аспирационный метод отбора проб воздуха.

17. Способы отбора проб воздуха на содержание ВХВ.
18. Принцип работы электроасpirатора и автоматического эжекторного рудничного aspirатора (АЭРА).
19. Методы санитарно-химического анализа проб воздуха.
20. Экспресс-методы определения ВХВ.
21. Принцип действия УГ-2.

ТЕМА 3. ШУМ КАК ВРЕДНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ФАКТОР

Цель занятия: познакомить студентов с воздействием на организм производственного шума, его нормированием, мерами профилактики воздействия на организм работающих, шумоизмерительной аппаратурой, а также методами исследования влияния шума на организм.

Практические навыки: освоить методику измерения и гигиенической оценки производственного шума.

Задание студентам:

1. По данному учебному пособию дополнить теоретические знания о шуме как вредном производственном факторе.
2. Ознакомиться с аппаратурой для определения интенсивности производственного шума.
3. Измерить с помощью шумомера фоновый уровень шума в учебной комнате, а также уровень производственного шума, записанного на магнитную ленту.
4. С использованием физиологических методов оценить кратковременное воздействие производственного шума на организм студента-добровольца (волонтера).

3.1. Теоретическая часть

В настоящее время шум является одним из наиболее опасных и вредных факторов окружающей среды. Акустический дискомфорт сопровождает современного человека в жилище, на производстве, в транспорте, на улице. Шум по образному выражению А. Белла стал «общественным бедствием и опасностью для физического и психического здоровья населения». По данным ВОЗ, в 2002 г. в мире насчитывалось 250 млн. человек с нарушением слуха, что составляет 4,2 % от населения земного шара. В России зарегистрировано свыше 240 тыс. инвалидов по слуху и более 13 млн. человек с социально значимыми нарушениями слуха. Свыше 30 % жителей больших городов России проживают в зонах высокого уровня

шума. Влияние шума на организм часто сочетается с другими производственными вредными факторами – вибрацией, ультра- и инфразвуком, токсическими веществами, неблагоприятным микроклиматом. Действие высоких уровней шума на организм приводит к развитию преждевременного утомления, снижению работоспособности, повышению заболеваемости, инвалидности и другим неблагоприятным последствиям. Шум и вибрация как вредные производственные факторы обуславливают около 40 % всей профессиональной патологии

3.1.1. Определение понятия «шум»

Звуковые колебания воздействуют на человека постоянно, источники их могут быть естественного (природного) и искусственного (антропогенного) происхождения. Природные звуки могут быть как незначительной интенсивности – шелест листьев, голоса птиц и животных, шум ручья, так и огромной силы – шум урагана, водопада, вулкана при его извержении.

Эволюционно звук использовался живыми организмами как средство биокommunikации. Абсолютная тишина не физиологична для организма человека. Звук является необходимым компонентом окружающей среды, психологическим стимулом, источником информации. Отмечено, что гармонические, упорядоченные звуковые колебания – речь, музыка, стихи, могут благотворно влиять на психо-эмоциональную сферу, скрывать нежелательный шум и способствовать производительности труда и даже ускорению выздоровления при ряде заболеваний. В современных условиях гигиенисты придают большое значение шуму от акустических систем на концертах и дискотеках, при действии которого установлен высокий риск развития заболеваний как слухового анализатора, так и других органов и систем. Установлено повреждающее действие шума на организм подростков при использовании плееров, уровень звукового давления которых достигает 105 дБА. При использовании электромеханических детских игрушек со звуковыми сигналами шум может достигать 115 дБА, что у детей школьного возраста приводило к снижению слуха на частоте 4000 Гц.

Шум – это совокупность звуков различной частоты и интенсивности, беспорядочно сочетающихся и изменяющихся во времени, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм, мешающих работе и отдыху.

3.1.2. Механизм образования шума

По физической сущности шум – это механические колебания частиц упругой среды (газа, жидкости или твердого тела), возникающие под воздействием какой-либо возмущающей силы. При этом звуком называют регулярные периодические колебания, а шумом – непериодические, случайные колебательные процессы.

Шум возникает в результате колебаний при соударении, трении, скольжении твердых тел (**механический**); истечении жидкостей (**гидродинамический**); движении газов при работе форсунок, компрессоров, системы пневмотранспорта (**аэродинамический**); при распространении ударного шума по конструкциям здания (**структурный**).

Шум относится к наиболее широко распространенным профессиональным вредным факторам в литейном, металлообрабатывающем, фармацевтическом производствах, при лесозаготовительных и строительных работах, добыче полезных ископаемых, в текстильной, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности.

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки, ручные механизированные инструменты (электрические и пневматические пилы, отбойные молотки, перфораторы), электрические машины (генераторы, электродвигатели, турбины), компрессоры, кузнечно-прессовое и подъемно-транспортное оборудование, вентиляционные установки, кондиционеры и т. д. В фармацевтической промышленности источниками интенсивного шума являются таблеточные машины и грануляторы при производстве таблеток, обдуватели при производстве драже, дробилки, мельницы, сита, транспортеры в галеновых цехах. К примеру,

шаровые мельницы генерируют шум интенсивностью более 90 дБ, щековые дробилки – 100-125 дБ.

Шум внутри лечебно-профилактических и аптечных учреждений создается при работе вентиляционных установок, водопровода и канализации, вакуумных насосов, отсосов жидкостей, электромоторов аппаратов искусственного кровообращения и вентиляции легких, моечных машин и другого оборудования.

3.1.3. Основные акустические понятия и единицы

Звук представляет собой волнообразно распространяющийся в упругой среде колебательный процесс в виде чередующихся волн сгущения и разрежения частиц этой среды. Источником звука может быть любое колеблющееся тело. При соприкосновении этого тела с окружающей средой образуются звуковые волны. Волны сгущения вызывают повышение, а волны разрежения – понижение давления в упругой среде. Так возникает звуковое давление – переменное давление при прохождении звуковых волн дополнительно к атмосферному давлению.

Звуковое давление измеряется в паскалях ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$). Ухо человека ощущает звуковое давление от $2 \cdot 10^{-5}$ (порог восприятия звука) до $2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$ (порог болевого ощущения).

Звуковые волны являются носителями энергии. Звуковая энергия, которая приходится на 1 м^2 площади поверхности, расположенной перпендикулярно к распространяющимся звуковым волнам, называется **силой звука** или звуковой энергией и измеряется в Вт/м^2 .

Звуковая волна представляет собой колебательный процесс, который характеризуется такими понятиями, как период колебания (T) – время, в течение которого совершается одно полное колебание; частота колебаний (f) – число полных колебаний за 1 с (измеряется в герцах – Гц); амплитуда колебаний – наибольшее отклонение от точки устойчивого равновесия, размах звуковой волны. Частотный состав шума характеризует его спектр, т.е. совокупность входящих в него частот.

Амплитуда колебаний определяет величину звукового давления, а частота колебаний – высоту звучания: чем больше частота колебаний, тем выше звук и тем меньше длина волны. Длина волны (λ) равна скорости распространения звука (334 м/с), деленной на частоту колебаний: $\lambda = 334/f$.

По частоте все колебания делят на три диапазона:

- инфразвуковые – до 20 Гц;
- акустические (греч. akustikos – слуховой, слушающийся), звуковые, воспринимаемые органом слуха человека как звук – от 20 до 20000 Гц;
- ультразвуковые – свыше 20000 Гц.

Голос человека имеет частоту звучания от 80-350 Гц (бас) до 260-1300 Гц (сопрано). Слуховой аппарат человека наиболее чувствителен к звуковым колебаниям в диапазоне 1000-4000 Гц (рис.10).



Рис. 10. Слуховой диапазон частот

Частотный диапазон, который человек слышит, с возрастом даже при отсутствии органических поражений уменьшается, что связано с естественным изменением организма. В большей степени снижение слуха происходит в диапазоне высоких частот.

Частотная характеристика шума имеет большое значение при оценке его воздействия на организм, так как звуки одной и той же интенсивности, но разной частоты воспринимаются неодинаково. Звуки высокой частоты воспринимаются как более громкие и, следовательно, они оказывают более выраженное действие на слуховой анализатор. В условиях производства

наиболее часто встречаются шумы в диапазоне от 45 до 11000 Гц. Этот диапазон разбит на 9 октав со среднегеометрическими значениями частот: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. **Октава – это интервал частот, в котором верхняя граница вдвое больше нижней**, например, 45-90 Гц. Среднегеометрическая частота представляет собой квадратный корень из произведения граничных для данной октавы частот ($\sqrt{45 \cdot 90} = 63$).

По частоте колебаний шумы подразделяют на низкочастотные – до 400 Гц; среднечастотные – от 400 до 1000 Гц; высокочастотные – свыше 1000 Гц.

Для гигиенической характеристики шума пользуются не абсолютными физическими величинами (звуковое давление, звуковая энергия), а относительными, учитывающими субъективное восприятие звука – бел, децибел. Орган слуха различает не разность (абсолютный прирост), а кратность изменения звуковых давлений. К примеру, если интенсивность одного звука больше уровня другого в 10, 100, 1000 раз, то по логарифмической шкале она соответствует увеличению на 1, 2, 3 единицы ($\lg 10 = 1$; $\lg 100 = 2$ и т. д.).

В диапазоне от порога слышимости или порога восприятия звука до болевого порога отношение звуковых давлений изменяется в миллион раз, поэтому для уменьшения шкалы измерения уровни звукового давления выражают через их уровни в логарифмических единицах. **Логарифмическая единица, отражающая десятикратную степень увеличения интенсивности звука над уровнем другого, называется белом (Б).** Децибел (дБ) – 1/10 бела. Ноль дБ соответствует звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м², приблизительно равному порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц. Сила звука или звуковая энергия, принятая за 0 децибел, составляет 10^{-12} Вт/м². Шкала децибел укладывается в пределы от 0 до 140 дБ: 0 дБ – порог слышимости; 85 дБ – начало опасной зоны; 140 дБ – порог болевого ощущения.

3.1.4. Классификация шума

Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах; общие требования к измерению нормируемых величин; основные мероприятия по профилактике неблагоприятного влияния шума на работающих.

Шум классифицируют по двум принципам – характеру спектра и временным характеристикам.

По характеру спектра (совокупности звуков, образующих шум) шум подразделяют на:

- **широкополосный**, с непрерывным спектром, шириной более одной октавы;
- **тональный**, в спектре которого имеются слышимые дискретные тона, т. е. звуки определенной высоты. Тональный характер шума устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шум подразделяют на:

- **постоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;
- **непостоянный**, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА.

Непостоянный шум в свою очередь подразделяют на:

- **колеблющийся** во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- **прерывистый**, уровень звука которого ступенчато изменяется на 5 дБА и более, при этом длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- **импульсный**, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

3.1.5. Влияние шума на организм человека

Орган слуха выполняет две функции: обеспечивает организм сенсорной информацией, что позволяет ему приспособиться к окружающей обстановке и обеспечивает самосохранение, т. е. противостоит повреждающему действию акустического сигнала. В условиях шума эти функции вступают в противоречие: слух должен обладать высокой разрешающей чувствительностью к информационным сигналам с одной стороны, с другой – с целью приспособления к шуму слуховая чувствительность должна снижаться. В связи с этим организм принимает компромиссное решение – снижение слуховой чувствительности, временное смещение порога слуха, т. е. внутренней адаптации органа слуха с одновременным снижением адаптационной способности организма в целом.

Различают **специфическое (ауральное) и неспецифическое (экстраауральное)** действие шума. Первое связывают с нарушением функции слухового анализатора вследствие длительного спазма сосудов звуковоспринимающего аппарата, механической травматизации слуховых рецепторов и нарушения обменных процессов. Это приводит к дегенеративным изменениям преддверно-улиткового нерва и клеток спирального (кортиева) органа, их атрофии.

Развивается профессиональная тугоухость или неврит слухового нерва (кохлеарный неврит). На ранних стадиях развития процесса максимальная потеря слуха отмечается на частоте около 4000 Гц, дальнейшее развитие профессиональной тугоухости характеризуется снижением звуковосприятия по всему диапазону звуковых волн. Профессиональная потеря слуха развивается медленно, постепенно прогрессирует с увеличением возраста работающих и стажа их работы. В связи с этим главным методом ранней диагностики нарушения слуха у рабочих шумных производств является аудиометрия, позволяющая определить минимальную интенсивность тонов разных частот, воспринимаемую каждым ухом в отдельности.

Профессиональной патологией органа слуха также является звуковая травма. Она обусловлена воздействием интенсивного импульсного шума и заключается в механическом повреждении барабанной перепонки и среднего уха.

Основная роль в развитии шумового поражения органа слуха принадлежит интенсивности шума. Изменения в центральной нервной системе наступают значительно раньше, чем нарушения в звуковом анализаторе. При этом шум, воздействуя как стресс-фактор, вызывает изменение реактивности центральной нервной системы, следствием чего являются расстройства регулируемых функций органов и систем.

Кроме интенсивности шума, особенности его биологического действия определяет характер спектра. Более неблагоприятное влияние оказывают шумы высоких частот (выше 1000 Гц) по сравнению с низкими (31,5-125 Гц). К биологически агрессивному шуму относят импульсный шум, возникающий от ударных процессов (клепка, обрубка, ковка, штамповка и др.), а также шум, в спектре которого имеются слышимые дискретные тоны. Считается, что постоянный шум относительно благоприятен по сравнению с непостоянным из-за меняющегося во времени уровня звукового давления последнего.

Неспецифическое действие шума на организм человека связано с воздействием на кору головного мозга, гипоталамус и спинной мозг. В коре на начальных этапах действия шума развивается запредельное торможение, которое проявляется нарушением уравновешенности и подвижности процессов возбуждения и торможения. При этом происходит истощение нервных клеток, что проявляется такими симптомами как раздражительность, эмоциональная неустойчивость, снижение памяти, внимания и трудоспособности.

Возбуждение из гипоталамуса передается в гипофиз, затем в корковое вещество надпочечников. Ответ организма реализуется по типу стресс-реакции. При поступлении возбуждения в спинной мозг происходит

переключение его на центры вегетативной нервной системы, что вызывает нарушение функций многих внутренних органов, угнетает иммунные реакции организма. В результате развивается **шумовая болезнь** – симптомокомплекс функциональных и органических изменений с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной системы, системы кровообращения и пищеварения.

Отмечаются жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, нарушение сна, снижение памяти, раздражительность. Объективно наблюдаются удлинение латентного периода рефлексов, изменение дермографизма, лабильность пульса, повышение артериального давления. Отмечаются угнетение дыхания, нарушения функции зрительного анализатора (снижение чувствительности роговицы, уменьшение времени ясного видения и критической частоты слияния мельканий, ухудшение цветового зрения), вестибулярного аппарата (головокружения), желудочно-кишечного тракта (нарушение моторной и секреторной функций) и др.

После длительного воздействия шума у рабочих изменяется ритм дыхания, пульса; усиливается тонус сосудистой системы, что приводит к повышению систолического и диастолического давления; изменяется двигательная и секреторная функция желудочно-кишечного тракта, имеют место гиперсекреция отдельных желез внутренней секреции, вегетативные расстройства, проявляющиеся в повышенной потливости стоп и кистей; нарушается липидный обмен, что ускоряет развитие атеросклероза и гипертонической болезни.

Формирование патологического процесса при шумовом воздействии происходит постепенно и начинается с неспецифических проявлений вегетососудистой дисфункции. В дальнейшем развиваются невротические изменения, которые проявляются астеновегетативным синдромом. У рабочих со стажем более 10 лет изменения приобретают стойкий характер.

3.1.6. Гигиеническая оценка шума

Для ориентировочной оценки постоянного шума на рабочем месте определяют его уровень в дБА, измеряемый по шкале «А» шумомера, которая приблизительно соответствует частотной характеристике шума, физиологически скорректированного, воспринимаемого ухом человека. При спектральной оценке постоянный шум характеризуют в уровнях звукового давления (дБ) в октавных полосах частот. Этот метод оценки является основным.

Непостоянный шум оценивают по эквивалентному уровню звука в дБА. **Эквивалентный уровень звука непостоянного шума – это уровень звука постоянного широкополосного шума, оказывающий на человека такое же действие, как и исследуемый непостоянный шум.**

При импульсном шуме ориентируются на пиковый уровень и, если он не превышает 125 дБА, то в норматив, установленный для постоянного шума для данного рабочего места, вносится поправка минус 5 дБА. Полученная таким образом величина является нормой.

Допустимые уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, эквивалентный и максимальный уровень звука (дБА) на рабочих местах приведены в табл. 4. (Извлечение из «Строительных норм и правил Российской Федерации. Защита от шума», СНиП 23-03-2003, введенных в действие 1.01.2004 г.

3.1.7. Измерение и анализ производственного шума

Для оценки уровней шума на рабочих местах в помещениях промышленных предприятий должно быть произведено измерение не менее чем в трех точках. Микрофон, воспринимающий шум, следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки, или на высоте головы человека, работающего сидя. Он должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, производящего измерение.

Предельно допустимый уровень шума

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L _A (эквивалентный уровень звука L _{Aэкв}), дБА	Максимальный уровень звука L _{Aмакс} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	70
2. Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции, залы обработки информации на ЭВМ	-	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	75
3. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	-	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90

4. Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1-3)	-	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95
5. Палаты больниц и санаториев	7.00- 23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23.00- 7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
6. Операционные больницы, кабинеты врачей больниц, поликлиник, санаториев	-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
7. Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов и кинотеатров, залы судебных заседаний, культовые здания	-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
8. Жилые комнаты квартир – в домах категории А в домах категории Б и В	7.00- 23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23.00- 7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
	7.00- 23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00- 7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
9. Жилые комнаты общежитий	7.00- 23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23.00- 7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

10. Номера гостиниц: категории А	7.00-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23.00-	69	51	39	41	24	20	17	14	13	25	40
	7.00-											
	7.00-											
категории Б	7.00-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
	7.00-											
	7.00-											
категории В	7.00-	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	23.00-	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	7.00-											
	7.00-											
11. Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов	7.00-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00-											
	23.00-	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
	7.00-											
12. Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторский, проектных и научно-исследовательских организаций: категории А категории Б и В	-	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
		86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
13. Залы кафе, ресторанов, фойе театров и кинотеатров: категории А категории Б и В	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	60
		89	75	66	59	54	50	47	45	43	55	65
14. Торговые залы магазинов, пассажи́рские залы вокзалов и аэровокзалов, спортивные залы	-	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	70
15. Территории непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	7.00-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
	23.00-											
	23.00-	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	7.00-											

16. Территории непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	7. ⁰⁰ -	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23. ⁰⁰ - 23. ⁰⁰ - 7. ⁰⁰	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
17. Территории непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70

Примечания

1. Допустимые уровни шума в помещениях, приведенные в поз.1, 5-13, относятся только к шуму, проникающему из других помещений и извне.
2. Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях, приведенные в поз. 5-12, установлены при условии обеспечения нормативного воздухообмена, т. е. при отсутствии принудительной системы вентиляции или кондиционирования воздуха, должны выполняться при условии открытых форточек или иных устройств, обеспечивающих приток воздуха. При наличии систем принудительной вентиляции или кондиционирования воздуха, обеспечивающих нормативный воздухообмен, допустимые уровни внешнего шума у зданий (поз. 15-17) могут быть увеличены из расчета обеспечения допустимых уровней в помещениях при закрытых окнах.
3. При тональном и (или) импульсном характере шума допустимые уровни следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 4.
4. Допустимые уровни шума от оборудования систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, а также от насосов систем отопления и водоснабжения и холодильных установок, встроенных (пристроенных) предприятий торговли и общественного питания следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 1. При этом поправку на тональность шума не учитывают.
5. Допустимые уровни шума от транспортных средств (поз. 5, 7-10, 12) разрешается принимать на 5 дБ (дБА) ниже значений, указанных в таблице 4.

При измерении могут быть определены общие уровни звукового давления, спектральный состав шума в октавных полосах, а также эквивалентные уровни звука в децибелах А (дБА). Преимущество измерения шума в дБА заключается в том, что это позволяет определять повышение допустимого уровня шума без спектрального анализа его в октавных полосах.

Для измерения уровней шума используют шумомер и анализатор шума. Принцип работы приборов, измеряющих уровень шума, состоит в преобразовании параметров электрического тока, образующегося в них под влиянием звуковой энергии, и регистрации этих изменений тока по шкале, градуированной непосредственно в децибелах.

Для гигиенической характеристики шума на рабочих местах или в производственных помещениях измеряют уровень интенсивности и спектральный состав шума. С этой целью применяют шумомеры, фильтры, самописцы, для записи и воспроизведения исследуемых шумов используют магнитофоны.

Спектральный анализ шума проводят с помощью анализатора шума или полосового фильтра. В качестве анализаторов шума применяют октавные фильтры, измеряющие уровни звукового давления в каждой октаве исследуемого шума.

Шумомер состоит из блок-схемы, включающей три основных узла: датчик-преобразователь (микрофон), усилитель и измерительное устройство. Шумомер имеет частотные (А, Б, С) и временные («Быстро», «Медленно») характеристики. При измерении уровней звука (дБА) применяется характеристика А. На характеристику «Медленно» шумомер переключают при измерении постоянного и других видов шума для их усреднения, характеристика «Быстро» применяется при измерении шума, колеблющегося во времени.

Шумомеры оборудуют фильтрами Б и С, в различной степени снижающими интенсивность низкочастотных сигналов. Уровни звука, измеренные по этим шкалам, используют для ориентировочной частотной характеристики шумов. Если уровни звука, измеренные по шкале А (дБА), Б (дББ), С (дБС), равны между собой, то такой шум можно отнести к высокочастотному, выше 1000 Гц. Если уровень звука по шкале Б и С больше, чем по шкале А на 2-5 дБ, то такой шум

называется среднечастотным (400-1000 Гц), если на 5 и более дБ – низкочастотным.

3.1.8. Прибор «Шум-1М»

Порядок работы с прибором. Перед началом работы в прибор вставляют источник питания – две батареи типа «Крона ВЦ» и устанавливают переключатель «Быстро-Медленно» в положение «Быстро». Переключатель рода работ переводят в положение «Батарея». Стрелка шумомера при этом должна находиться на черном секторе шкалы дБ над надписью «Бат.». Затем переключатель рода работ устанавливают в положение «Калибр.» и поворотом ручки «Калибр.» переводят стрелку на «0» шкалы дБ.

При измерении уровня звука в дБА переключатель рода работ переводят в положение А относительно стрелки на корпусе прибора.

При использовании внешних анализирующих приборов для измерения звукового давления выбирают требуемую характеристику (Б или С).

Переключателем «Диапазон», один поворот которого равен 10 дБ, следует добиться такого положения стрелки, когда она будет находиться на шкале между 0 и 10 дБ. Тогда измеренный уровень шума будет равен сумме показаний шкалы переключателя «Диапазон» и шкалы со стрелкой. Например, если переключатель рода работ находится в положении А, переключатель «Диапазон» – на отметке 70, а стрелка на отметке 6 правее нуля, то измеренный уровень шума будет равен 76 дБА.

Гигиеническая оценка шума проводится путем сопоставления фактически измеренного уровня шума и предельно допустимого. Для примера приводим ситуационную задачу.

В помещении здравпункта завода произведено измерение общего уровня шума и в октавных полосах частот. Полученные данные в сравнении с предельно допустимыми уровнями (ПДУ) представлены в табл. 5.

Уровни шума в октавных полосах частот (дБ)

Уровень шума	Уровень интенсивности шума								
	Общий	в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Фактический	65	70	60	60	65	60	48	40	35
ПДУ	50	71	61	54	49	45	42	40	38

На рис.11 представлена спектрограмма шума, составленная по данным табл.5, по которой видно, что имеет место превышение как общего уровня шума, так и уровней звукового давления на частотах от 250 до 2000 Гц.

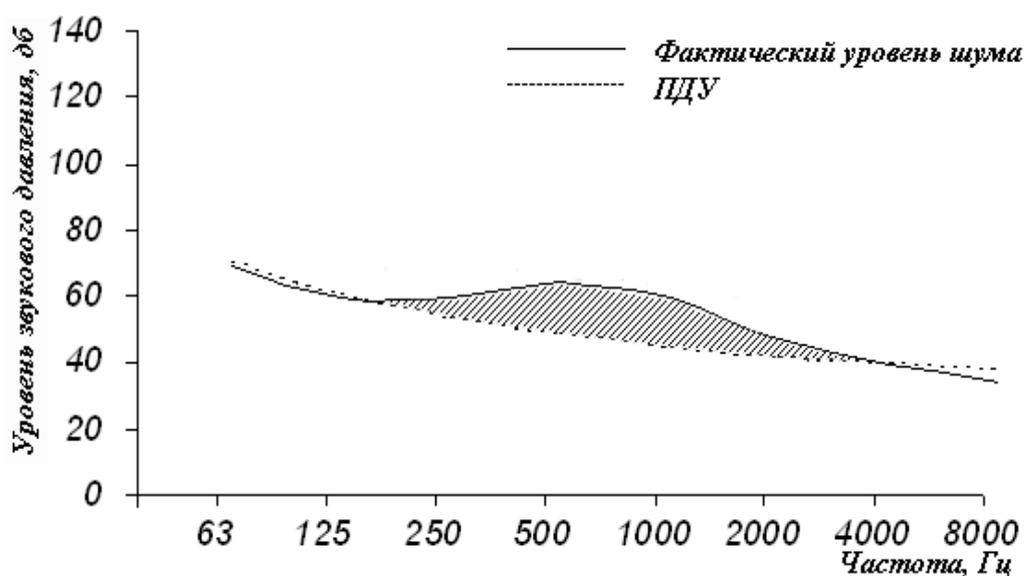


Рис. 11. Спектрограмма шума

3.1.9. Мероприятия по борьбе с шумом на производстве

Мероприятия по борьбе с шумом подразделяют на технические, архитектурно-планировочные, организационные и медико-профилактические.

Технические мероприятия направлены, во-первых, на устранение причин возникновения шума или снижение его уровня в источнике (местах

образования); во-вторых, на ослабление шума на путях передачи; в-третьих, на непосредственную защиту работающего или группы рабочих, подвергающихся действию шума.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или бесшумные. К примеру, замена клепки, производимой с помощью клепальных ручных машин, на сварку или гидравлическое соединение деталей; замена штамповки прессованием, ручной правки металлических листов вальцовкой и т. д.

Если этот путь борьбы с шумом невозможен, то снижают уровень шума в источнике за счет усовершенствования конструкции или схемы установки, производящей шум, или используют материалы с пониженными акустическими свойствами, например, текстолитовые, капроновые или пластмассовые детали шестерен, втулок и т. д. На источнике шума оборудуют дополнительные звукоизолирующие устройства или ограждения и располагают их по возможности ближе к источнику шума.

Наиболее простым техническим средством борьбы с шумом на путях его передачи является звукоизолирующий кожух, закрывающий отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом. Кожухи из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20-30 дБ.

Увеличение звукоизоляции кожуха достигается нанесением на его поверхность вибродемпфирующей мастики, снижающей вибрацию его на резонансных частотах и обеспечивающей быстрое затухание звуковых волн.

Для ослабления аэродинамического шума, создаваемого компрессорами, вентиляционными установками, системами пневмотранспорта, применяют глушители.

Для размещения наиболее шумного оборудования используют звукоизолирующие камеры. При больших габаритах машин или значительной зоне обслуживания оборудуют специальные кабины для операторов, по возможности обеспечивают дистанционное управление.

Для снижения уровня шума эффективно применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм или источник шума от рабочего места или зоны обслуживания машины. Экраны устанавливают как вблизи источника, так и у рабочего места. Защитное действие акустического экрана основано на отражении звуковых волн и образовании за экраном области звуковой тени. Эффект экранной защиты наиболее проявляется в области высоких и средних частот и в меньшей степени в области низких частот из-за значительной дифракции (огибания волнами препятствий) длинных волн, которые соизмеримы или больше линейных размеров экрана. В шумных цехах подвешивают звукопоглощающие кубы, конусы, маты, снижающие шум на 5-12 дБ.

Акустическая отделка шумных помещений может обеспечить снижение шума в зоне отраженного звукового поля на 10-12 дБ, в зоне распространения прямого звука – до 4-5 дБ в октавных полосах частот. Применение звукопоглощающих облицовок для отделки стен и потолка шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при небольшом снижении уровня шума существенно улучшает условия труда. Используют пористые материалы, войлок, перфорированный картон, вату и др.

В многоэтажных промышленных зданиях важна защита помещений от структурного (ударного) шума, который распространяется по конструкциям здания. Источником структурного шума может быть производственное оборудование, имеющее жесткую связь с ограждающими конструкциями. Ослабление передачи этого вида шума достигается виброизоляцией и вибропоглощением, в частности, устройством “плавающих” полов.

Архитектурно-планировочные мероприятия направлены на локализацию звука и уменьшение его распространения из помещения с источником шума в другие.

Шумный цех располагают торцом относительно нешумных, вокруг него высаживают полосу широколиственных деревьев, поглощающих шум. Шумный цех рекомендуется располагать на 1 этаже многоэтажного производственного здания; если его разместить на 2-3 этажах, то возникает вторичный структурный шум.

Шумовой режим производственных помещений обусловлен их размерами и формой, плотностью и видом расстановки машин и оборудования, наличием звукопоглощающего фона и др. В помещениях большого объема число отраженных от ограждающих конструкций звуковых волн в единицу времени значительно меньше в сравнении с помещениями малого объема. С акустических позиций вытянутая форма большого производственного помещения предпочтительнее квадратной, оптимальная высота цеха – 6-7 м.

Помещения с высоким уровнем шума следует группировать в одной зоне здания, примыкающей к складским и вспомогательным помещениям, и отделять коридорами или подсобными помещениями с кратковременным пребыванием работающих.

Организационные меры. Если технические меры не обеспечивают соблюдение гигиенических нормативов, то ограничивают длительность воздействия шума на организм работающих – через каждый час работы 10-минутный перерыв, который должен проводиться в специально оборудованном помещении (комнате акустической разгрузки), что положительно влияет на эмоциональный статус человека; сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, ранний выход на пенсию.

Средства индивидуальной защиты органа слуха от производственного шума – это специальные шумопоглощающие устройства.

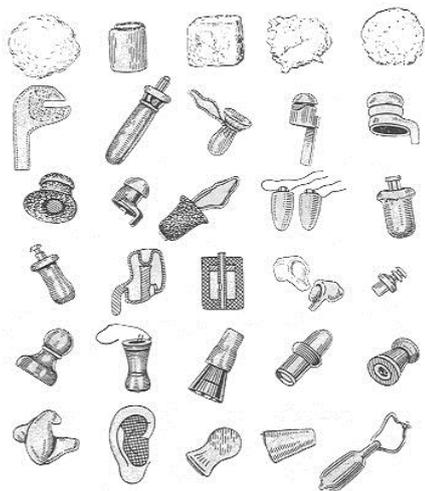


Рис. 12. Вкладыши в наружный слуховой про-

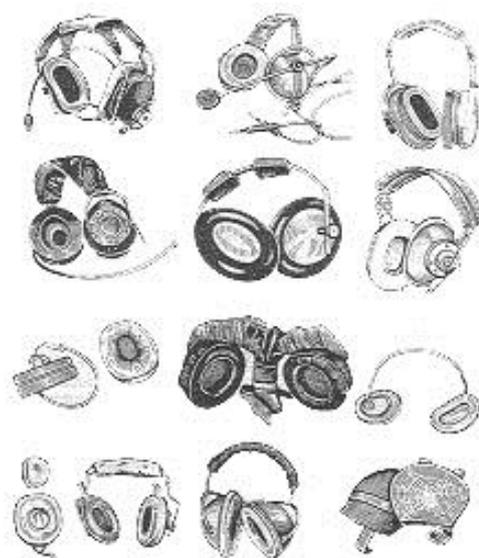


Рис. 13. Наушники

По назначению и конструктивному исполнению их подразделяют на три типа: вкладыши “беруши” и заглушки из резины, пластмассы, ваты, перекрывающие наружный слуховой проход; наушники (антифоны), закрывающие ушные раковины; шлемы и подшлемники, закрывающие уши и часть головы (рис. 12, 13).

Медико-профилактические мероприятия включают проведение предварительных при приеме на работу и периодических медицинских осмотров в соответствии с приказом Минздрава РФ № 90 от 14.03.1996 г. Основная цель предварительных медицинских осмотров заключается в оценке состояния здоровья для решения вопросов пригодности к работе в условиях воздействия шума. Периодические медицинские осмотры обеспечивают динамическое наблюдение за состоянием здоровья работающих в условиях воздействия шума с целью своевременной диагностики начальных признаков профессиональной патологии. В приказе имеется перечень общих медицинских противопоказаний к допуску на работу, связанную с опасными, вредными веществами и неблагоприятными производственными факторами (приложение 1). Для работы в условиях производственного шума, превышающего 80 дБА, противопоказаниями являются:

- снижение слуха хотя бы на одно ухо любой этиологии;
- отосклероз и другие хронические заболевания уха с неблагоприятным прогнозом;
- нарушение функции вестибулярного аппарата любой этиологии, в т. ч. болезнь Меньера (лабиринтопатия).

Периодические медицинские осмотры проводятся при превышении предельно допустимого уровня шума от 81 до 99 дБА 1 раз в 2 года, от 100 дБА и выше – 1 раз в год с участием терапевта, отоларинголога и невропатолога. Лабораторные и функциональные исследования включают аудиометрию, по показаниям – исследование вестибулярного аппарата.

Для исключения риска повреждающего действия шума на орган слуха в целях рационального профессионального отбора не рекомендуется принимать на работу в “шумные” цеха лиц в возрасте до 18 и старше 30 лет.

Для повышения сопротивляемости организма рабочих к неблагоприятному действию шума рекомендуется ежедневный прием витамина В₁ (2 мг) и аскорбиновой кислоты (50 мг) в течение двух недель с перерывом на одну неделю.

Значительный положительный эффект оказывает санаторно-курортное лечение, отдых в пансионатах, домах и базах отдыха.

К законодательным мерам профилактики воздействия шума на организм относится гигиеническое нормирование его параметров (табл. 4).

3.2. Самостоятельная работа студентов

1. Ознакомиться с аппаратурой для определения интенсивности производственного шума.

2. Измерить с помощью шумомера фоновый уровень шума в учебной комнате, а также уровень производственного шума, записанного на магнитную ленту.

3. С использованием физиологических методов оценить кратковременное воздействие производственного шума на организм студента-добровольца (волонтера).

После ознакомления с устройством шумомера “Шум -1М” и правилами работы с ним студенты под контролем преподавателя измеряют фоновый уровень шума в учебной комнате.

Для демонстрации воздействия производственного шума на организм моделируется следующая ситуация: у студента-добровольца до шумовой нагрузки проводится определение артериального давления, частоты пульса и дыхания, остроты слуха – акуметрия. Эти показатели характеризуют работу сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной систем.

Наиболее простым методом акуметрии является исследование восприятия шепотной речи. Доброволец удаляется на 6-7 м от экспериментатора, встает боком к нему, чтобы звуковая волна прямолинейно достигала его уха. Экспериментатор шепотом (на уровне 30 дБА) произносит поочередно 20 двухзначных (от 21 до 99) цифр, а волонтер каждое названное число должен громко повторить. При этом фиксируется количество ошибок – неправильно воспроизведенных или нерасслышанных цифр.

Затем дается шумовая нагрузка – на 5 минут включается магнитофонная запись производственного шума (работа котлоагрегатов на ГРЭС), с помощью регулятора громкости создается уровень шума в 85 дБА. После шумовой нагрузки все тесты повторяют и результаты заносят в таблицу.

Показатели	До шумовой нагрузки	После шумовой нагрузки
Артериальное давление		
Частота пульса		
Частота дыхания		
Шепотная речь (количество ошибок)		

Сопоставление физиологических показателей до и после воздействия шума дает возможность оценить степень изменений, возникающих в организме под влиянием шума на уровне начала опасной зоны (85 дБА), и сделать заключение о воздействии шума на организм.

3.2.1. Контрольные вопросы

1. Чем отличается шум от звука речи, мелодии ?
2. Как классифицируют шум по механизму образования ?
3. Классификация шума по характеру спектра.
4. Какие частоты относятся к слышимому диапазону ?
5. Как классифицируют шум по временным характеристикам ?
6. От каких факторов зависит предельно допустимый уровень шума в производственных условиях ?
7. Симптомы шумовой болезни.
8. В каких абсолютных и относительных единицах измеряют интенсивность шума ?
9. Какое звуковое давление принято 0 дБ ?
10. Перечислите технологические мероприятия по борьбе с шумом на производстве.
11. Перечислите противопоказания для приема на работу в цеха с повышенным уровнем шума.
12. К какому диапазону частот относится ультразвук ?
13. К звукам какого частотного диапазона наиболее чувствителен слуховой анализатор человека ?
14. Что такое октава ?
15. Виды медицинских осмотров лиц, контактирующих с вредными производственными факторами.

ТЕМА 4. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА

Цель занятия: ознакомить студентов с основными понятиями физиологии труда и методами исследования функциональных изменений, происходящих под влиянием трудовой деятельности в организме работающих.

Практические навыки: освоить методики исследования

1. мышечной работоспособности (динамометрию);
2. функционального состояния ЦНС (треморометрию, исследование критической частоты слияния световых мельканий);
3. психофизиологических функций: внимания (корректирной пробой), памяти (методом запоминания чисел).

4.1. Теоретическая часть

Современный этап развития государства характеризуется большим разнообразием видов трудовой деятельности, существенным возрастанием удельного веса различных видов умственного труда, компьютеризацией производства, высоким уровнем психоэмоционального напряжения. В то же время существуют работы, выполняемые в условиях незавершённой автоматизации, которые могут вызывать значительное напряжение всех физиологических систем организма человека, в первую очередь, центральной нервной, сердечно-сосудистой систем, опорно-двигательного аппарата, зрительного анализатора и др.

В настоящее время в условиях экономического кризиса, одним из негативных проявлений которого является сокращение числа рабочих мест и перераспределение выполняемого объёма работ на оставшихся работников, нередки случаи несоблюдения гигиенических нормативов трудовой деятельности, что незамедлительно сказывается на состоянии здоровья работающих. Поэтому возрастает актуальность оценки и регламентирования элементов трудового процесса как на государственных, так и на частных предприятиях.

4.1.1. Основные понятия физиологии труда

Физиология труда – раздел гигиены труда и физиологии, изучающий изменения функционального состояния организма человека, происходящие под влиянием трудовой деятельности и условий труда, с целью разработки физиологически обоснованных мероприятий для предупреждения утомления, повышения работоспособности и сохранения здоровья человека.

Труд – это деятельность человека, направленная на создание потребительских ценностей; труд – понятие социальное.

С физиологической точки зрения в зависимости от преобладания деятельности мышечной или центральной нервной системы выделяют **физический и умственный труд**.

Физический труд – это труд, при котором основная нагрузка приходится на опорно-двигательный аппарат и обеспечивающие его деятельность сердечно-сосудистую и дыхательную системы.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приёмом, переработкой информации, преимущественным напряжением сенсорного аппарата, внимания, памяти, активации процессов мышления, эмоциональной сферы.

Изменения функционального состояния организма в процессе труда обусловлены выполняемой при этом работой. С точки зрения физики, **работа** – все виды превращения энергии (произведение силы, действующей на тело, на путь). С позиций физиологии труда, **работа** – превращение энергии, связанное с деятельностью человека (его рук, ног, организма человека в целом).

Различают два вида мышечной работы – динамическую и статическую.

Динамическая работа – процесс сокращения мышц, приводящий к перемещению груза, самого тела человека и отдельных его частей в пространстве. **Динамическая положительная работа** связана с перемещени-

ем груза в направлении, противоположном действию силы тяжести (подъём груза), **динамическая отрицательная** – с перемещением груза в направлении силы тяжести (опускание груза).

По объёму задействованных мышц различают три вида мышечной работы: общую, региональную и локальную. В выполнении **общей мышечной работы** задействовано более 2/3 скелетной мускулатуры, в том числе ног и туловища (сельскохозяйственные работы, работа грузчика). **Региональная мышечная работа** выполняется мускулатурой плечевого пояса и верхних конечностей. В ней участвует 1/3-2/3 всей мускулатуры. Локальная мышечная работа выполняется с участием менее 1/3 всей мускулатуры.

Статическая работа – процесс сокращения мышц, необходимый для поддержания тела и его частей в пространстве, фиксации орудий и предметов труда, придания рабочей позы. При этом напряжение мышц происходит без увеличения их длины и перемещения в пространстве; перемещение груза не производится. Статическая работа более утомительна, чем динамическая, так как напряжение одних и тех же групп мышц длится непрерывно без пауз и отдыха. Кровообращение в работающих мышцах затруднено, снижено поступление в них кислорода, но сразу после статической работы потребление кислорода резко возрастает и усиливается кровоток.

4.1.2. Основные формы трудовой деятельности

1. Формы труда, требующие значительной мышечной активности, характеризуются высоким напряжением физических сил человека, выполнением *общей физической работы*, нагрузками в основном на мышечную и кардиореспираторную системы, усилением обменно-энергетических процессов в организме человека, они требуют длительного (до 50% рабочего времени) отдыха. Энерготраты составляют 4000-6000 ккал в сутки (грузчики, землекопы, каменщики и т. п.).

2. Механизированные формы труда характеризуются выполнением *региональной и локальной* мышечной работы, динамической и статической. Уменьшается доля участия в работе крупных мышечных групп, возрастает значимость скорости и точности движений, требуется накопление специальных знаний и навыков для управления инструментами, механизмами, станками. Энерготраты при такой работе колеблются в пределах 3000-4000 ккал/сут. Примерами механизированного труда являются токарные, слесарные, рихтовочные и другие работы.

3. Формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством. *Труд в условиях полуавтоматического производства* связан с выполнением простых операций (подать деталь для обработки, запустить станок, извлечь готовую деталь), сопровождается мышечными нагрузками в основном локального, иногда регионального характера, напряжением зрительного анализатора в процессе наблюдения за работой станка, монотонностью. Бессодержательная и малоинформативная работа сопровождается утратой творческого начала и приводит к прогрессирующему снижению активности различных структур ЦНС. Примерами таких форм труда могут служить профессии штамповщиков, шлифовщиков, швей-мотористок.

Труд, связанный с автоматическим производством, сводится к обеспечению бесперебойной работы производственного оборудования. Одни виды такого труда требуют частого и несложного вмешательства в работу станков (ткацкое производство), другие характеризуются длительным непрерывным наблюдением с последующей диагностикой и устранением разнообразных неполадок, что требует знания сложного устройства оборудования, программного обеспечения, высокой квалификации (наладчик). Такое управление современными аппаратами происходит при участии высших кортикальных центров по переработке сложной информации для быстрого и точного решения возникающих задач. Длительное состоя-

ние ожидания и готовности к действию – «оперативного покоя» – может привести к парабиотическому торможению в нервных центрах.

4. Групповые формы труда (конвейер) заключаются в перемещении изделия (детали) по ходу его обработки от одного работника к другому. Это требует синхронизированной работы участников конвейера, которые связаны определённым темпом и ритмом работы. Такие работы могут быть относительно лёгкими по затрачиваемым физическим усилиям (локальная мышечная работа), например, сборка часов, микросхем. В других условиях наблюдаются значительные мышечные нагрузки (региональная мышечная работа) – сборка на конвейере автомашин. Работники конвейера постоянно выполняют одни и те же простые однообразные операции, труд характеризуется монотонностью, сопровождается напряжением различных групп мышц, зрительного анализатора.

5. Формы труда, связанные с дистанционным управлением производственными процессами и механизмами. При этих формах труда человек выполняет функции слежения, контроля, регулирования. Его функциональное состояние характеризуется напряжением анализаторов, внимания, эмоциональными нагрузками, сопровождается гиподинамией. Примером таких форм труда является работа операторов, диспетчеров.

6. Формы интеллектуального (умственного) труда. *Исполнительский труд* заключается в выполнении известных действий и принятии стереотипных решений при достаточном объёме информации и времени (лаборанты, медсёстры).

Управленческий труд – это труд руководителей, а также учителей и преподавателей. Его особенностями являются чрезмерный объём поступающей информации, дефицит времени для её переработки, повышенная ответственность за принимаемые решения, необходимость общения с большим количеством людей, возникновение конфликтных ситуаций.

Операторский труд включает профессии, связанные с обслуживанием машин, характеризуется высоким нервно-эмоциональным напряжением, большой ответственностью.

Творческий труд – труд научных работников, писателей, композиторов, художников, артистов, конструкторов. Труд заключается в решении сложных задач при отсутствии известных алгоритмов, создании новых алгоритмов. Такая работа требует напряжения памяти, мыслительной деятельности, постоянного сосредоточенного внимания на объекте деятельности.

Труд учащихся и студентов требует напряжения памяти, внимания, восприятия, характеризуется стрессовыми ситуациями (экзамены, зачёты).

4.1.3. Функциональные изменения, происходящие в организме человека при физическом и умственном труде

Общие закономерности регуляции рабочей деятельности человека

В основе конкретного трудового процесса лежит выработка условного рефлекса, формирующаяся два этапа: иррадиация возбуждения в ЦНС (стадия обучения) и концентрация возбуждения в конкретных отделах ЦНС с формированием *доминанты* – состояния повышенной возбудимости в определённой *функциональной системе*. *Функциональная система* – это замкнутое циклическое образование с наличием обратной связи о результате действия. Важнейшими элементами функциональной системы являются: афферентный синтез – принятие решения – построение программы действия – акцептор результата действия – результат действия – обратная афферентация.

В процессе деятельности у человека вырабатывается **динамический стереотип** – устойчивая слаженная система рефлексов, которая образуется в результате тренировки – многократного повторения условных раздражений в определённой последовательности и через определённый промежуток времени. Механизм его заключается в формировании в мозге повторяющихся нервных процессов. Изменение условий приводит к ломке стерео-

типа и замене его новым. Динамический стереотип включает в себя помимо двигательных и вегетативные компоненты, создающие систему жизнеобеспечения при осуществлении рабочих движений. По мере укрепления динамического стереотипа переход от одного элемента рабочей операции к другому происходит без переключения внимания и мышления на выполнение каждого элемента.

Энергетические затраты человека и потребление кислорода при различных видах труда

Основные затраты энергии зависят от мышечной работы, а также от информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения, условий труда (температура, влажность и т. п.). При умственном труде затраты энергии не велики, всего на 5-15 % превышают величину основного обмена. Потребление кислорода мозгом на 100 г вещества в 15-20 раз больше, чем мышцами, однако на общих энерготратах это сказывается незначительно, так как на мозг приходится лишь 2,5% массы всего тела. Энерготраты при рабочей позе сидя возрастают на 5-10 % от величины основного обмена, при работе стоя – на 10-25 %, при вынужденной неудобной позе – на 40-50 %. Температура тела при тяжёлой работе увеличивается на 1-1,5 °С.

Потребность организма в кислороде тем больше, чем интенсивнее работа. В первые 2-3 минуты мышечной работы происходит повышение потребления кислорода, затем устанавливается устойчивое высокое потребление, а после работы некоторое время сохраняется повышенное потребление кислорода для устранения его дефицита – кислородного долга. При лёгкой и умеренной работе наблюдается длительное устойчивое потребление кислорода, восстановление до состояния покоя происходит за несколько минут. При очень тяжёлой работе достижение максимального потребления кислорода не обеспечивает потребностей организма, формируется кислородная задолженность, а полное окисление продуктов распада

происходит в восстановительный период, который при такой работе значительно удлиняется.

При статической работе мышцы работают почти в анаэробных условиях. В период, следующий за работой, потребление кислорода резко возрастает, а затем постепенно падает, период восстановления может быть длительным.

Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы

Существует линейная зависимость между интенсивностью выполняемой мышечной работы, потреблением кислорода и активностью сердечно-сосудистой системы (ССС). В 5-10 раз увеличивается минутный объём сердца (МОС) – с 3-5 л/мин в покое до 20-40 л/мин при мышечной работе. Это происходит за счёт увеличения ударного (систолического) объёма сердца более чем в 2 раза (в покое он составляет 60-80 мл) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). При лёгкой физической работе ЧСС не превышает 100-120 ударов в минуту. При тяжёлой работе ЧСС может достигать 140-160 и более в минуту. При этом у нетренированных людей возрастание минутного объёма сердца в процессе работы обеспечивается в основном учащением сердечных сокращений, у тренированных – увеличением систолического объёма. При сидячей локальной работе ЧСС уменьшается на 6-12 ударов в минуту.

Одновременно с усилением деятельности сердца в 1,5-2 раза увеличивается систолическое давление до 180-200 мм рт. ст. Диастолическое давление является показателем сосудистого тонуса и при работе изменяется мало. Повышается пульсовое давление, которое характеризует объём кровоснабжения работающих органов.

При умственной работе изменения деятельности ССС менее выражены и непостоянны. Однако при эмоциональном напряжении ЧСС и систолическое артериальное давление могут возрасти до максимальных значений, как и при физической работе.

Изменения дыхательной деятельности

Функция дыхания весьма лабильна и значительно изменяется в связи с работой. Происходит увеличение частоты дыхания с 10-20 до 30-40 в минуту. Глубина дыхания возрастает на 30-40%. Увеличивается объём лёгочной вентиляции: если в покое он составляет 5-8 л/мин, то при интенсивной мышечной работе может достигать 50-100 л/мин. Вместе с тем возрастает скорость кровотока, общая ёмкость капилляров. Все изменения приводят к усилению газообмена – увеличению поступления и потребления кислорода и удаления углекислоты.

Изменения в системе крови

Во время физической работы происходят существенные морфологические, физические и химические изменения крови. **Морфологические** изменения заключаются в увеличении количества эритроцитов и лейкоцитов за счёт выхода из депо и усиления эритропоэза (о чём свидетельствует ретикулоцитоз) и лейкопоэза.

Физические изменения крови в связи с работой характеризуются повышением осмотической стойкости эритроцитов или понижением, что наблюдается при тяжёлой работе, ацидозе и высокой температуре воздуха. Возрастают осмотическое давление и вязкость крови, уменьшается жидкая фаза крови.

Химические изменения – это изменения содержания глюкозы, молочной кислоты, щелочных резервов, газов крови. Увеличение глюкозы в крови происходит в начале работы, при эмоциональном напряжении. Снижение глюкозы может происходить при выполнении привычной работы у тренированных лиц; у нетренированных, особенно при выполнении тяжёлой и длительной работы, может произойти резкое, опасное для жизни снижение глюкозы в крови.

Содержание молочной кислоты увеличивается в зависимости от степени тяжести выполняемой работы. У тренированных к физической работе людей молочной кислоты образуется меньше, а окисление происходит

быстрее, чем у нетренированных. Уровень щелочных резервов крови уменьшается с накоплением молочной кислоты.

При умственной работе изменения крови незначительны и непостоянны. Может наблюдаться некоторое снижение уровня глюкозы, увеличение содержания неорганического фосфора, холестерина, креатина, понижение щелочных резервов крови.

Изменения эндокринных функций

Увеличение интенсивности физической работы сопровождается увеличением концентрации в крови адреналина, норадреналина, кортизона, кортикостерона. При длительной мышечной работе снижается активность симпатoadреналовой и гипофизарно-надпочечниковой системы, снижается содержание глюкокортикоидов в крови, что ведёт к снижению функциональных возможностей миокарда и скелетных мышц. Снижение уровня инсулина происходит в результате уменьшения его секреции и усиления распада. В такой ситуации в качестве источника энергии при мышечной работе используется жировое депо.

Работоспособность и изменения деятельности центральной нервной системы

Работоспособность – величина функциональных возможностей человека, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определённое время. Она зависит от ряда внешних и внутренних факторов. Среди *внешних факторов* ведущее значение имеют условия окружающей среды, интенсивность факторов трудовой деятельности, степень рациональной организации трудового процесса. Из *внутренних факторов* выделяют физическое, физиологическое и психологическое состояния, возраст, степень тренированности; существенное значение имеет мотивация к труду, личностные особенности.

Работоспособность на протяжении дня, недели, месяца, года меняется в широких пределах и проходит несколько сменяющих друг друга фаз (рис. 14).

1. Фаза вработывания – в этот период происходит мобилизация функциональных систем, ускоряется и увеличивается объём физиологических функций, уровень работоспособности постепенно нарастает. Процесс вработывания длится от нескольких минут у опытных и тренированных людей до 1-1,5 часов, а при творческом труде – до 2,5 часов.

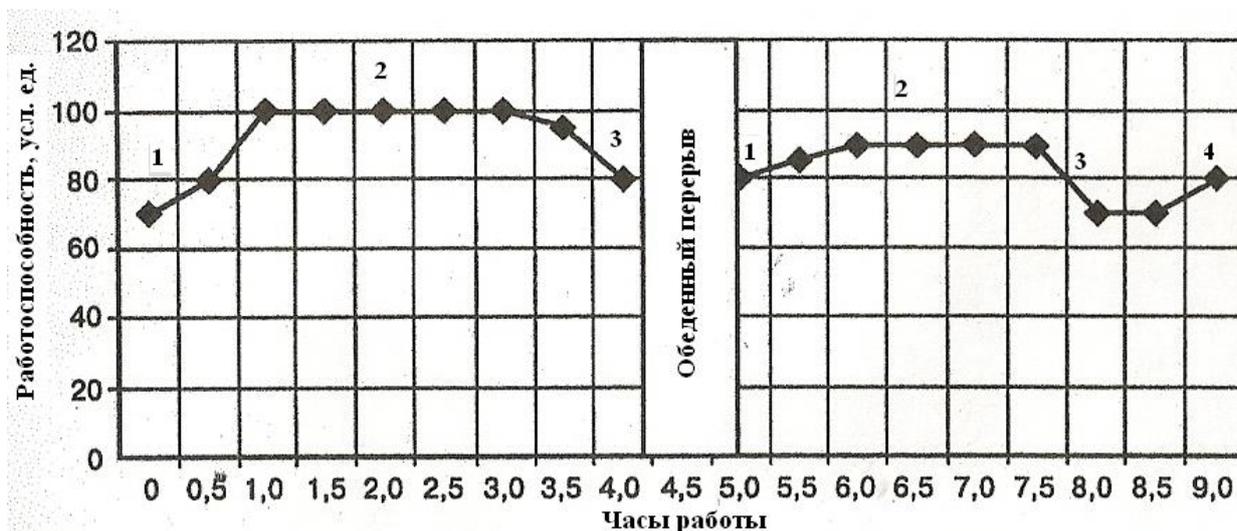


Рис. 14. Фазы работоспособности: 1 – фаза вработывания; 2 – фаза высокой устойчивой работоспособности; 3 – фаза снижения работоспособности; 4 – конечный порыв

2. Фаза высокой устойчивой работоспособности характеризуется стабильностью физиологических функций. Производительность труда и его эффективность максимальны. Продолжительность этой фазы составляет 2-2,5 часа и более.

3. Фаза снижения работоспособности свидетельствует о развитии утомления в регулирующих структурах ЦНС с увеличением времени протекания рефлексов. При этом ослабевают концентрация и скорость переключения внимания. Производительность труда снижается, проявляясь увеличением числа ошибок, лишними движениями, замедлением скорости выполнения профессиональных задач.

Подобным образом работоспособность изменяется и в первую, и во вторую половину дня (после обеда). Но во второй половине рабочего дня фаза вработывания менее продолжительна, устойчивая работоспособность ниже по уровню и короче, а снижение работоспособности наступает рань-

ше и более выражено. Иногда в конце смены (за 20-30 минут до её окончания) в ожидании отдыха отмечается кратковременное повышение работоспособности – **конечный порыв**.

Наивысший уровень работоспособности наблюдается с 8 до 12 ч и с 14 до 17 ч. В дневное время наименьшая работоспособность наблюдается с 12 до 14 часов. В вечернее время работоспособность понижается.

Аналогичную фазность имеет работоспособность на протяжении трудовой недели, учебной четверти, семестра, года. В течение недели наивысшая работоспособность приходится на 2, 3 и 4 дни работы. В понедельник работоспособность относительно понижена вследствие вработывания, к концу недели – вследствие развития утомления.

Отклонение от типичной кривой работоспособности свидетельствует о несоответствии возможностей организма работника условиям труда и интенсивности выполняемой работы, о наличии неблагоприятных внешних и внутренних факторов.

Утомление – функциональное состояние, сопровождающееся чувством усталости, снижением работоспособности, вызванное интенсивной или длительной деятельностью, выражающееся в ухудшении количественных и качественных показателей работы и прекращающееся после работы. Утомление развивается не только в работающих мышцах, а в первую очередь в ЦНС, и проявляется развитием торможения, которое носит ограничительный характер, защищает нервные клетки от перенапряжения и гибели. По своей биологической сущности утомление – это нормальная физиологическая корковая защитная реакция, проявляющаяся в механизмах ограничения работоспособности.

Картина физического и умственного утомления сходна. Умственное и физическое утомление влияют друг на друга. При тяжёлом физическом утомлении умственная работа малопродуктивна и наоборот. Это обусловлено иррадиацией торможения из наиболее утомлённых центров на соседние. При умственном утомлении отмечены функциональные сдвиги ЦНС,

высшей нервной деятельности, анализаторов, психической деятельности. Происходит расстройство внимания, ухудшение памяти, мышления, ослабляется точность и координированность движений. Утомление проходит во время отдыха (перерывы в работе, ночной отдых, выходные, отпуск). Если отдых оказывается недостаточным для полного восстановления работоспособности к началу следующего трудового периода, то возобновление работы происходит на фоне утомления, развивается переутомление.

Переутомление – патологическое состояние, которое может привести к повышению заболеваемости. В зависимости от вида трудовых нагрузок патологические синдромы различны по своему проявлению. Физические перегрузки приводят к развитию ряда форм профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервно-мышечной системы (миозиты, тендовагиниты, заболевания позвоночника и суставов и т.п.). Умственные перегрузки могут проявиться такими формами общесоматической патологии как невротические расстройства, вегетососудистая дистония, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца и др.

4.1.4. Методы исследования физиологических функций при оценке работоспособности и степени утомления

Оценку показателей при исследовании физиологических сдвигов, происходящих в организме человека в результате трудовой деятельности, следует производить по абсолютным значениям этих показателей, либо по относительным значениям – изменениям показателей к концу рабочего дня, выраженным в процентах по сравнению с исходным уровнем в начале работы.

Исследование мышечной работоспособности

1. Эргография. Метод основан на измерении нагрузки в виде дозированной работы пальца, либо всей кисти, производимой в определённом темпе с максимальным усилием. Исследуемый садится возле стола с эрго-

графом (рис. 15), охватывает пальцами рукоятку прибора, вкладывает указательный палец в петлю на конце троса, к которому прикреплен груз массой 2 кг, и по команде в такт метронома (1 раз в секунду) в течение 1-2 минут производит максимальное сгибание и разгибание пальца. Величина сгибания (высота, на которую поднят груз) записывается на бумаге, движущейся посредством бумагопротягивающего механизма. По полученной эргограмме рассчитывают и оценивают ряд показателей, характеризующих мышечную деятельность.

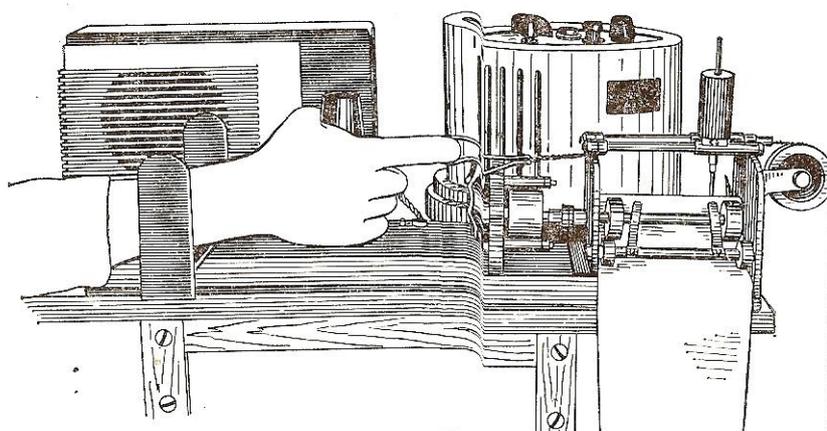


Рис. 15. Пальцевой эргограф

2. Динамометрия позволяет оценить силу (максимальное мышечное усилие) и выносливость к статическим нагрузкам – её определяют по времени, в течение которого исследуемый способен поддерживать строго дозированное усилие, составляющее 50-75 % максимальной силы. Исследование проводится с помощью динамометров. При тяжелой физической работе сила мышц, как правило, снижается, при небольших нагрузках уровень силы может не изменяться или даже увеличиваться. Выносливость является более чувствительным показателем функционального состояния мышечной системы, она находится в прямой зависимости от тяжести выполняемой работы и снижается раньше, чем наступает изменение силы мышц.

Исследование сердечно-сосудистой системы

Наиболее доступными методами для исследования сердечно-сосудистой системы являются измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД) и электрокардиография (ЭКГ).

При исследовании ЧСС определяют абсолютные значения, время восстановительного периода, реакцию ССС к дозированным нагрузкам (приседания, велоэргометрия) под влиянием функциональных проб (орто-статическая). На основании данных ЧСС и АД рассчитывают минутный объём сердца, ударный объём, периферическое сопротивление.

Исследование дыхательной системы

Исследования функции дыхания производится по показателям: частота дыхания, глубина дыхания, объём лёгочной вентиляции (минутный объём дыхания), степень насыщения крови кислородом (методом оксигемометрии). Принцип работы оксигемометра основан на улавливании фотоэлектрическим датчиком изменения цвета крови в зависимости от степени её насыщения кислородом. Измерения производят на ушной раковине сначала в покое, затем после глубокого вдоха и задержки дыхания.

Исследование функционального состояния центральной нервной системы

1. Хронорефлексометрия – исследование условно-рефлекторной деятельности по **времени латентного периода ответных реакций** на световой и звуковой раздражители и по **количеству ошибочных реакций**. Уменьшение времени латентного периода связывают с преобладанием в коре головного мозга процессов возбуждения, удлинение его – с торможением. Ошибки являются показателем снижения подвижности нервных процессов.

Для определения скрытого периода простой акустико- и зрительно-моторной реакции звуковые или световые раздражители подаются 10-15 раз с промежутками 3-4 с. При этом каждый раз регистрируется время ла-

тентного периода (время реакции от момента подачи сигнала до момента ответа), затем вычисляется его средняя продолжительность.

При исследовании дифференцировочной сложной сенсомоторной реакции исследуемому предъявляются положительные раздражители (сигналы, на которые по условию задания испытуемый должен реагировать), чередующиеся с отрицательными (все прочие сигналы). Далее вычисляется средняя продолжительность латентного периода и подсчитывается количество ошибочных ответов. Для данного исследования применяется хроно-



Рис. 16. Хронорефлексометр

рефлексометр (рис.16).

2. Исследование функционального состояния анализаторов

Определение КЧСМ – критической частоты слияния световых мельканий. Испытуемому подают световые сигналы, начиная с частоты 25 Гц. Такие сигналы человек воспринимает как отдельные импульсы света. Постепенно частоту световых сигналов увеличивают до тех пор, пока ощущение мелькания не сме-

няется восприятием сигналов как ровного немигающего света. Частота, на которой это происходит, получила название критической частоты слияния световых мельканий. Величина КЧСМ определяется подвижностью нервных процессов в зрительном анализаторе и может служить интегральным показателем функционального состояния ЦНС.

Аналогичным образом с использованием низкочастотных звукогенераторов определяется **критическая частота слияния звука (КЧСЗ)**.

3. Тремометрия. Непроизвольное дрожание (тремор) конечностей в определённых параметрах является нормальным физиологическим явлением, однако в зависимости от условий труда и степени утомления частота и амплитуда тремора могут увеличиваться. Амплитуда тремора не зависит от

частоты и бывает едва ощутимой или очень большой, достигая нескольких сантиметров.

Изменения тремора могут возникать в связи с состоянием ЦНС и мышечной системы, поэтому треморометрия может использоваться для объективного изучения функционального состояния этих систем в условиях трудовой деятельности.

Тремор рук определяют с помощью электротреморометра (рис. 17): подсчитывают касания, происходящие при проведении металлической указкой (1) через фигурные прорезы пластины (2). Каждое касание приводит к замыканию электрической цепи и регистрируется счётчиком (3).

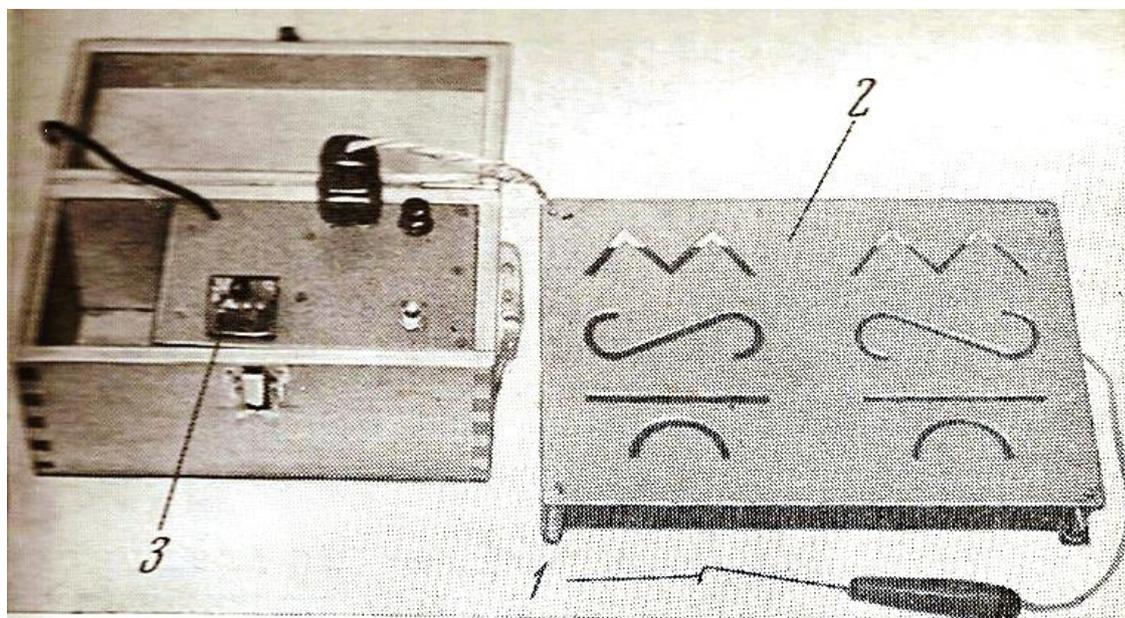


Рис. 17. Электротреморометр (объяснения в тексте)

Психофизиологические исследования

1. Исследование внимания методом отыскивания чисел. Принцип метода заключается в том, что исследуемый должен как можно быстрее отыскать (назвать и указать) по порядку числа в таблице, расположенные произвольно. По времени, затраченному на выполнение задания, судят об объёме внимания и темпе психических процессов.

2. Исследование внимания методом отыскивания чисел с переключением. Исследуемому демонстрируется чёрная и красная таблицы с цифрами от 1 до 24. Он должен находить чёрные и красные числа, попеременно

называя сначала одно чёрное, затем одно красное, при этом чёрные следуют называть в возрастающем порядке, а красные – в убывающем. При оценке результатов учитывается время выполнения задания (до 2 минут – хорошее качество внимания), количество и характер ошибок.

3. Исследование внимания с помощью корректурной пробы. Метод позволяет изучить устойчивость, сосредоточенность внимания, а также утомляемость, темп и продуктивность работы, общую психическую работоспособность. Проба проводится следующим образом: участники опыта получают корректурные таблицы, составленные из букв, цифр, колец Ландольта или геометрических фигур (рис. 18-21), и 2 минуты знакомятся с их построением. После этого они переворачивают таблицы тыльной стороной вверх и слушают разъяснения исследователя.

х а к х н с к а и с в е к в х н а и с н х е к х и с н а к к с к в х к в н а в
 и с н а и к а е к к и с н а и к х х е х е и с н а х к е к х в и с н а н х в и к х
 с н а и с в н к х а в и с н а х е к е х с н а к с в е е в а и с н а с к и в
 к х к е к н в и с н к х в е х с н а и с к е с и к н а е с н к х к в и х к а к а
 а и с н а е х к в е н в х е а и с к а и к н в е и н к в х а к е в и с н а
 к а х в е и в н а х н а и к в и с а к е и в а к с в е н к с н а в а к с в
 н к е с н к с в х и е с в х н к в с к в е к н и е с а в и е х е в н а и е н
 к е и в к а и с н а с и а и с х а к в н н а к с х а и е н а с н а и с в к х е в
 е в х к х с н е и с н а и с н к в к х в е к е в к в н а и с н а и с к е в к х
 а в с н а х к а с е с н а и с е с х к в а и с а с а в к х s х н е и o х и х e
 в и к в и н а и е н е к х а в и х н в и х х e х и в и е н в s a e x i s n a i
 н к e x в и в н а e и с и в н а e a e a e n х в х в и с н а e и e k a и в e k e x
 к e и с н e s a e i х в к e в e i s n a e a i s n k в e х и k х n k e a i s n a
 e a k a e k х e в s k х n a i s k в e s e n a n e c k х e k n a i s i
 и s n e i s v k e k х в х в i s v n a k i s х a i e v k e v k i e x e i s n a i
 в х в k с i s n a i a i e l a k s x k i v х n i k i s n a i e s n a k n e x
 s n a i k в e x k в k e s e v k s i х a s n a k s x k х в e a e s k e s e n i k
 и s n a e x k e x k e i х i v х a k e i s n a i k х v s х n v i e h a e s e v e i
 s n a i s a k в e n х a e s х a i s n a e n k i s x k e x e v х в e k i e n e n a
 e k x e k n a i v k v х e х i s n a i х k a х e n a n e n i k в k e n s n a i
 e х в k v i e h a i e x e k v s n e i s e s v e v k s n a e a x n x k s n a x s
 i s n a i e i n e v i s n a i e v e x s i s v a i e v х e i x s k e n e k k i e
 k e v х v a e s n a s i k i s х e a e x k в e х e a i s n a s v a i s e v e k e
 х v e k x s n k i s e k a e k s v a i i e x s e x s n a s v n e k х v a i s
 a v e n a х n a k х v e i v e a i k v a v i х n a k х e v х e х i v х a i s k a
 v i s n a e x s n a n a e s n v k s n a e v i k a i k i k i a v e n e k v х k
 s n a e s v k х e k s n k s x v х v s n k k s v e x k a s n a i s k s k e
 n a i s n х a r k e v х k i e i s n a n х a s n e k k s х e v k х e i х n a i
 k e v х e n v i х n k в e k n e n s n х a i v e n a i х n k в х e n a i s n
 в k e v х a i s х a х k v n a i e n s х v k х e a i s n a v х s v k a х s n a
 k i s i k e k n s v a i s v a e x k v a i s n a e k х e k a i v n a e k v e
 a e n k a i s х a i s n х i s v k v s e k х v e k i s n a i s n a i s k v e s v
 i s k a i k v k v i х s k v n a i e n i s n a i х a v k i v e х a n k i e x
 e v х e v n a i s k a i z n a k х k в e k v e k v i х i s k a i s n v х a v a v

Рис. 18. Корректурная таблица В.Я. Анфимова

ВСХН КСХВ ИАЕ КСВНХ ВНСХ ВСХХ АМЕ НВКС НХКС ВСВНК
 КСХВ ВСХК ИАЕ ВСХН КНСВХ ВХСН КСХХ ВСХН ВХСК ВСХН
 ПАЕ СВН ВНХК КВСНХ КВСХН АМЕ ВНС КСВН СНВК ХКСНВ
 КВСНХ ВХСН КСХВ ИАЕ ВСХН ХВСНХ ЕАМ ВСХК ИАЕ КНСВХ
 ИАВ ХКВН АЕМ НВКС СНВКХ ИАЕ ЕАМ ХКЕНС СНК ХВС АЕМ
 НВСКХ СНВК СВНХ ХКВНС ВКНХС ЛЕМ АЕМ СВНХ ХКВ НСН
 ВСХН КСХВ ИАЕ КСВКХ ВНСХ ВСХХ АМЕ ИБСК НХКС ВСВНК
 НВСКХ СНВК СВНХ ХКВНС ВКНХС АНМ АЕМ СВНХ ХКВ НСН
 ИАЕ СВН ВНХК КИСНХ КСХН АМЕ ВНС КСВН СНВК ХКСНВ
 ВСХН КХСВ ИАЕ КСВНХ ВНСХ ВСХХ ЕАМ КВСНХ КСХВ ВХСН
 ВСХН КХСВ ИАЕ КСВН, ВНС ВСХК ЕАМ КВСНХ КСХВ ВХСН
 ИАЕ ХКВН АЕМ НВКС СНВКХ ИАЕ ЕАМ ХКВНС СНК ХВС АЕМ
 ХВСНХ МЕА ВСХК ВХСН ИАЕ КСХВ ВХСК ВХНС ВСХН КНСВХ
 ИАЕ ЕСХ КШСХ КСХВ ВХСН МЕА КСВНХ ЕАМ ВСХН ХВСНХ
 ХВСНХ НЕА ВСХК ВХСН ИАЕ КСХВ ВХСК ВХНС ВСХН КНСВХ
 ВСХН КХСВ ИАЕ КСВНХ ВНСХ ВСХХ ЕАМ КВСНХ КСХВ ВХСН
 КСХВ ВСХК ИАЕ ВСХН КНСВХ ВХСН КСВХ ВСХН ВХСК ВСХН
 КСХВ ВХСН КХСВ КНСВХ ИАЕ ВСХН ЕМЛ ВХНС КНСВХ ВХСК
 НВСКХ СНВК СВМК ХКВНС ВКНХС АЕМ АЕМ СВНХ ХКВ НСН
 ВСХН КНСВХ ВСХН ВНСХ ВХСН КСВНХ КСХВ ЕАМ ВСХК ЕМА
 ИАЕ СВН ВНХК КВСНХ КВСХН АМЕ ВИС КСВН СНВК ХКСНВ
 ВСХН КНСВХ ВСХН ВНСХ ВХСН КСВНХ КСХВ ЕАМ ВСХК ЕМА
 КВСНХ ВХСН КСХВ ИАЕ ВСХН ХВСНХ ЕАМ ВСХК ИАЕ КНСВХ
 КВСНХ ВХСН КСХВ ИАЕ ВСХН ХВСНХ ЕАМ ВСХК ИАЕ КНСВХ
 ВСХН КНСВХ ВСХН ВНСХ ВХСН КСВНХ КСХВ ЕАМ ВСХК ЕМА
 ИАЕ ВСХК КНСВХ КСХВ ВХСН МЕА КСВНХ ЕАМ ВСХН ХВСНХ

Рис. 19. Корректурная таблица А.Г. Иванова-Смоленского

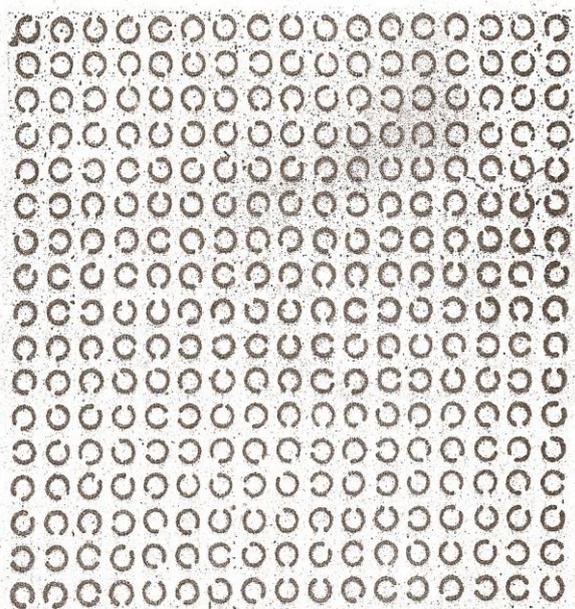


Рис. 20. Корректирующая таблица из колец Ландольта

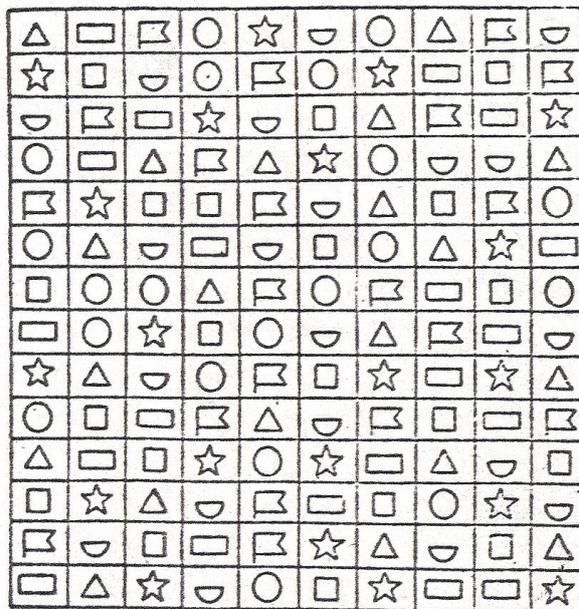


Рис. 21. Корректирующая таблица из геометрических фигур

Исследователь даёт задание вычёркивать определённым образом определённые буквы или их сочетания как можно быстрее и внимательнее, даёт команду «Начали» и засекает время (1-2 минуты). По команде «Стоп» испытуемые отмечают квадратной скобкой место в таблице, до которого они успели выполнить задание.

4.1.5. Оценка работы по степени тяжести и напряжённости

Функциональное напряжение организма в целом во время работы можно охарактеризовать с двух сторон – энергетической и информационной. Энергетическая нагрузка преобладает при преимущественно физическом труде, информационная – при умственном. Количественно физическую нагрузку оценивают по тяжести, умственную – по напряжённости труда.

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

Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

Исходя из степени возможного влияния факторов трудового процесса на здоровье работающих, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные условия труда (1 класс) – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов трудового процесса, при которых возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство.

Вредные условия труда (3 класс) – условия, при которых факторы трудового процесса оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство: вызывают функциональные изменения систем органов (3.1), появление легких форм профессиональных заболеваний (3.2), средней тяжести (3.3), тяжелых форм профессиональных заболеваний (3.4).

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) могут быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, создают угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т. ч. и тяжелых форм.

Для оценки степени тяжести и напряженности используются эргономические и физиологические показатели.

Основные эргономические показатели тяжести трудового процесса

1) Физическая динамическая нагрузка. Рассчитывается умножением массы груза, перемещаемого вручную в каждой операции, на путь его перемещения в метрах (кг • м). Подсчитывается общее количество операций

по переносу груза за смену и путём суммирования определяется величина внешней механической работы за смену в целом.

2) Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную определяется взвешиванием или по документам на изделие. В расчёт принимается максимальное значение.

3) Стереотипные рабочие движения – определяют количество элементарных движений (локальных или региональных) путём подсчёта их за 10-15 минут и перерасчёта на продолжительность данной работы.

4) Статическая нагрузка рассчитывается путем перемножения величины удерживаемого усилия (веса груза) и времени его удерживания.

5) Рабочая поза – свободная, неудобная, фиксированная, вынужденная – определяется визуально. К **свободным** позам относят удобные позы сидя, которые дают возможность изменения рабочего положения тела или его частей (откинуться на спинку стула, изменить положение ног, рук). **Фиксированная** рабочая поза – невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга (к примеру, врач-лаборант работает с микроскопом). К **неудобным** рабочим позам относятся позы с большим наклоном или поворотом туловища, с поднятыми выше уровня плеч руками, с неудобным размещением нижних конечностей. К **вынужденным** позам относятся рабочие позы лежа, на коленях, на корточках и т.д. Время пребывания в той или иной позе рассчитывается в процентах к 8-часовой смене. Если по характеру работы рабочие позы разные, то оценку следует проводить по наиболее типичной позе для данной работы.

б) Наклоны корпуса. Определяется **число наклонов** за смену (путем их прямого подсчета в единицу времени и перерасчёта за все время выполнения работы) и **глубина наклонов корпуса** (в градусах) с помощью транспортира. Наклоны корпуса более 30° имеют место, если человек берет какие-либо предметы, поднимает груз или выполняет действия руками на

высоте не более 50 см от пола. Наклоны оценивают по максимальным значениям.

7) Перемещение в пространстве рассчитывается путём умножения количества шагов за смену (определяется шагомером) на длину шага (мужской шаг в производственной обстановке в среднем равняется 0,6 м, а женский – 0,5 м). Полученную величину выражают в км.

Общая оценка степени физической тяжести труда проводится на основе всех приведенных выше показателей. При этом вначале устанавливается класс по каждому измеренному показателю (Приложение 2).

Окончательная оценка тяжести труда устанавливается по наиболее чувствительному показателю, отнесенному к наибольшему классу. При наличии двух и более показателей класса 3.1 и 3.2 общая оценка устанавливается на одну степень выше. По данному критерию наивысшая степень тяжести – класс 3.3.

К факторам, характеризующим **напряжённость труда**, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Эргономические показатели напряжённости интеллектуальной работы

1) Содержание работы указывает на степень сложности выполнения задания: решение простых задач (лаборанты); решение задач по инструкции (медсёстры); сложных задач с выбором по известным алгоритмам (водители, авиадиспетчеры); творческая (эвристическая) деятельность с решением сложных заданий при отсутствии алгоритма (научные работники, конструкторы, врачи).

2) Восприятие сигналов (информации) и их оценка, сравнение с эталоном, с последующей коррекцией. Например, токарь, изготавливающий деталь, сравнивает её с образцом; диспетчер оценивает поступающую информацию и корректирует движение самолётов; врач сравнивает симпто-

мы болезни у пациента с известными, оценивает результаты анализов, сопоставляя их с нормой.

3) Распределение функций по степени сложности задания. Это могут быть простые функции – обработка и выполнение конкретного задания (лаборанты); обработка и выполнение с последующей проверкой выполнения задания (медицинские сёстры, телефонисты). Обработка, проверка и контроль за выполнением задания указывает на большую степень сложности выполняемых функций (мастера промышленных предприятий, телеграфисты, конструкторы, водители транспортных средств). Наиболее сложная функция – это предварительная подготовительная работа с последующим распределением заданий другим лицам, которая характерна для таких профессий, как руководители промышленных предприятий, авиадиспетчеры, научные работники, врачи и т. п.

4) Характер выполняемой работы:

- работа выполняется по индивидуальному плану (лаборанты);
- работа протекает по строго установленному графику с возможной его коррекцией по мере необходимости (медсестры, телефонисты, телеграфисты и др);
- работа выполняется в условиях дефицита времени (мастера промышленных предприятий, научные работники, конструкторы);
- работа в условиях дефицита времени и информации. При этом отмечается высокая ответственность за конечный результат работы (врачи скорой помощи, хирурги, акушеры, травматологи, реаниматоры, руководители промышленных предприятий, водители транспортных средств, авиадиспетчеры).

Эргономические показатели напряжённости сенсорных нагрузок

1) Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены). Чем больший процент времени отводится в течение смены на сосредоточенное наблюдение, тем выше напряжённость. Сосредоточенное наблюдение,

ние более 75 % смены имеет место у телефонистов, авиадиспетчеров, водителей; 51-75 % – у врачей; от 26 до 50 % у медицинских сестёр, мастеров промышленных предприятий; до 25 % от общего времени смены – у руководителей предприятия, научных работников, конструкторов.

2) Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы – количество воспринимаемых и передаваемых сигналов. У авиадиспетчеров – более 300, у водителя во время управления транспортными средствами в среднем около 200 сигналов в течение часа. К этому же классу относится труд телеграфистов. В диапазоне от 75 до 175 сигналов поступает в течение часа у телефонистов. Наименьшее число сигналов и сообщений характерно для таких профессий, как лаборанты, руководители, мастера, научные работники, конструкторы.

3) Число объектов одновременного наблюдения. Наибольшее число объектов одновременного наблюдения установлено у авиадиспетчеров – 13, несколько ниже это число у водителей автотранспортных средств – 8-9. До 5 объектов одновременного наблюдения отмечается у мастеров, руководителей, медсестёр, врачей, конструкторов и других.

4) Размер объекта различения.

5) Работа с оптическими приборами.

6) Наблюдение за экраном видеотерминала (часов в смену).

7) Нагрузка на слуховой анализатор.

8) Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемых в неделю).

Эргономические показатели напряжённости эмоциональных нагрузок

1. Степень ответственности за результат собственной деятельности.
2. Степень риска для собственной жизни.
3. Ответственность за безопасность других лиц.
4. Количество конфликтных производственных ситуаций за смену.

Эргономические показатели монотонности нагрузок

1. Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций.
2. Продолжительность (с) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций.
3. Время активных действий (в % к продолжительности смены).
4. Время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, в % от времени смены.

Эргономические показатели режима работы

1. Фактическая продолжительность рабочего дня.
2. Сменность работы.
3. Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без учета обеденного перерыва).

Общая оценка напряжённости трудового процесса производится с учётом всех перечисленных показателей независимо от профессии. По каждому из показателей в отдельности определяется свой класс условий труда (Приложение 3). Например, п.2.5. – работа с микроскопом 51-75 % рабочего времени относится к классу условий труда 3.1. – вредный напряжённый труд.

В том случае, если по характеру или особенностям профессиональной деятельности какой-либо показатель не представлен, то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) – напряженность труда легкой степени.

При окончательной оценке напряженности труда:

оптимальный (1 класс) устанавливается в случаях, когда 17 и более показателей имеют оценку 1 класса, а остальные относятся ко 2 классу. При этом отсутствуют показатели, относящиеся к 3 (вредному) классу;

допустимый (2 класс) устанавливается в следующих случаях:

– когда 6 и более показателей отнесены ко 2 классу, а остальные – к 1 классу;

– когда от 1 до 5 показателей отнесены к 3.1 и/или 3.2 степеням вредности, а остальные показатели имеют оценку 1-го и/или 2-го классов;

вредный (3 класс) устанавливается в случаях, когда 6 или более показателей отнесены к третьему классу.

При соблюдении этого условия труд напряженный 1-й степени (3.1):

– когда 6 показателей имеют оценку только класса 3.1, а оставшиеся показатели относятся к 1 и/или 2 классам;

– когда от 3 до 5 показателей относятся к классу 3.1, а от 1 до 3 показателей отнесены к классу 3.2.

Труд напряженный 2-й степени (3.2):

– когда 6 показателей отнесены к классу 3.2;

– когда более 6 показателей отнесены к классу 3.1;

– когда от 1 до 5 показателей отнесены к классу 3.1, а от 4 до 5 показателей – к классу 3.2;

– когда 6 показателей отнесены к классу 3.1 и имеются от 1 до 5 показателей класса 3.2.

В тех случаях, когда более 6 показателей имеют оценку 3.2, напряженность трудового процесса оценивается на одну степень выше – класс 3.3.

Пример оценки тяжести труда

Описание работы. Укладчица хлеба вручную в позе стоя (75% времени смены) укладывает готовый хлеб с укладочного стола в лотки. Одновременно берет 2 батона (в каждой руке по батону), весом 0,4 кг каждый (одноразовый подъем груза составляет 0,8 кг) и переносит на расстояние 0,8 м. Всего за смену укладчица укладывает 550 лотков, в каждом из которых по 20 батонов. Следовательно, за смену она укладывает 11000 батонов. При переносе со стола в лоток работница удерживает батоны в течение трех секунд. Лотки, в которые укладывают хлеб, стоят в контейнерах и при укладке в нижние ряды работница вынуждена совершать глубокие (более 30°) наклоны, число которых достигает 200 за смену.

Проведем расчеты, используя приложение 1:

п. 1.1. - физическая динамическая нагрузка: $0,8 \text{ кг} \times 0,8 \text{ м} \times 5500$ (т.к. за один раз работница поднимает 2 батона) = 3520 кгм - класс 3.1;

п. 2.2. - масса одноразового подъема груза: 0,8 кг - класс 1;

п. 2.3. - суммарная масса груза в течение каждого часа смены - $0,8 \text{ кг} \times 5500 = 4400 \text{ кг}$ и разделить на 8 ч работы в смену = 550 кг - класс 3.1;

п. 3.2. - стереотипные движения (региональная нагрузка на мышцы рук и плечевого пояса): количество движений при укладке хлеба за смену достигает 21000 - класс 3.1;

п.п. 4.1.-4.2. - статическая нагрузка одной рукой: $0,4 \text{ кг} \times 3 \text{ с} = 1,2 \text{ кгс}$, т.к. батон удерживается в течение 3 с. Статическая нагрузка за смену одной рукой $1,2 \text{ кгс} \times 5500 = 6600 \text{ кгс}$, двумя руками - 13200 кгс (класс 1);

п. 5. - рабочая поза: поза стоя до 80% времени смены - класс 3.1;

п. 6. - наклоны корпуса за смену - класс 3.1;

Итак, из 7 показателей, характеризующих тяжесть труда, 5 относятся к классу 3.1. Так как при наличии 2-х и более показателей класса 3.1 общая оценка повышается на одну степень, окончательная оценка тяжести трудового процесса укладчицы хлеба - класс 3.2 – класс условий труда вредный, напряженный труд 2 степени.

Пример расчета напряжённости трудового процесса

Хирург поликлиники ведёт приём больных по 6 часов в день. На одного пациента врач тратит от 1,5 до 9,5 минут. При этом он беседует с пациентом от 10 секунд (при медосмотре) до 4 минут (с первичным больным), в том числе говорит сам 51-76 % времени общения. Проводит осмотр одного пациента в среднем 40 секунд. Знакомится с медицинской документацией около 2 минут, пишет около 3 минут. Большую часть времени врач совмещает разные виды деятельности.

Показатели		Класс условий труда				
		1	2	3.1	3.2	3.3
1. Интеллектуальные нагрузки						
1.1	<i>Содержание работы.</i> Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях				+	
1.2	<i>Восприятие сигналов и их оценка.</i> Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности				+	
1.3	<i>Распределение функции по степени сложности задания.</i> Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам				+	
1.4	<i>Характер выполняемой работы.</i> Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат				+	
2. Сенсорные нагрузки						
2.1	<i>Длительность сосредоточенного наблюдения:</i> 1,5-75 % времени смены			+		
2.2	<i>Плотность сигналов и сообщений в среднем за 1 час работы:</i> до 75	+				
2.3	<i>Число объектов одновременного наблюдения:</i> до 5	+				
2.4	<i>Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания:</i> более 5 мм – 100 % времени смены	+				
2.5	<i>Работа с оптическими приборами при длительности сосредоточенного наблюдения:</i> до 25 % времени смены	+				
2.6	<i>Наблюдение за экраном видеотерминала:</i> до 2 часов в смену при буквенно-цифровом типе отображения информации	+				
2.7	<i>Нагрузка на слуховой анализатор.</i> Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90 %. Помехи отсутствуют	+				
2.8	<i>Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю):</i> до 16	+				
3. Эмоциональные нагрузки						
3.1	<i>Степень ответственности за результат собственной деятельности.</i> Значимость ошибки. Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания				+	
3.2	<i>Степень риска для собственной жизни:</i> вероятна				+	
3.3	<i>Ответственность за безопасность других лиц:</i> возможна				+	
3.4	<i>Количество конфликтных ситуаций за смену:</i>			+		

	5-7					
4. Монотонность нагрузок						
4.1	Число элементов, необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций: более 10	+				
4.2	Продолжительность выполнения простых заданий или повторяющихся операций: 100-25 сек		+			
4.3	Время активных действий: 20 % и более к времени смены	+				
4.4	Монотонность производственной обстановки: менее 75 % время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса от времени смены	+				
5. Режим работы						
5.1	Фактическая продолжительность рабочего дня: 8 ч		+			
5.2	Сменность работы. Двухсменная работа (без ночной смены)		+			
5.3	Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность. Перерывы отсутствуют				+	
Количество показателей в каждом классе		10	3	2	8	
Общая оценка напряженности труда*						+

В данном случае более 6 показателей относятся к классу 3.2., поэтому общая оценка напряженности хирурга поликлиники соответствует классу 3.3.

4.1.6. Профилактика утомления

Законодательные мероприятия направлены на создание рационального режима труда и отдыха, который устанавливается с учётом особенностей и условий конкретного вида деятельности. Режим труда и отдыха подразумевает общую продолжительность рабочего дня, недели, продолжительность выходных и отпусков.

Рациональный режим труда и отдыха – чередование периодов работы и отдыха, при которых высокая работоспособность сохраняется длительно без признаков утомления. Предусматривается **внутрисменный режим труда и отдыха** – введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов, продолжительность которых определяется с учётом тяжести и напряжённости труда. При умственном напряжённом труде, работах, требующих большого нервного

напряжения и внимания, быстрых и точных движений рук, целесообразны более частые, но короткие 5-10-минутные перерывы. При выполнении тяжёлой физической работы следует сочетать работу в течение 15-20 минут с отдыхом такой же продолжительности.

Организационные мероприятия заключаются, в первую очередь, в рациональной организации рабочего места.

1. Конструкция производственного **оборудования** и организация **рабочего места** должны **соответствовать** антропометрическим данным и психофизиологическим **возможностям человека**.

2. Использование **оптимальной рабочей позы**, чередование положения стоя и сидя. Длительная работа в вертикальном положении является фактором, увеличивающим риск развития варикозного расширения вен, тромбофлебита, способствует развитию отёка нижних конечностей, плоскостопия. При длительной работе сидя могут возникнуть застойные явления в органах малого таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания, наблюдается статическое напряжение мышц шеи, плечевого пояса, спины. Смена позы приводит к перераспределению нагрузки на группы мышц, улучшению условий кровообращения, уменьшает монотонность.

3. Оптимальная рабочая поза при работе сидя обеспечивается **конструкцией стула**: размерами, формой, площадью, наклоном сиденья и спинки, регулировкой по высоте. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать хорошую опору, а форма – способствовать максимально равномерному распределению усилий и давления в зависимости от массы тела.

4. **Удобное размещение** отдельных элементов производственного **оборудования**. В зоне лёгкой досягаемости должны размещаться наиболее часто используемые предметы, в зоне допустимой досягаемости – остальные. Высота рабочей поверхности устанавливается в зависимости от характера, тяжести и точности работы.

5. Выполнение работы в **оптимальном темпе, ритме**.

6. Важным средством профилактики утомления являются **упражнение и тренировка**. Упражнение – совершенствование умений и навыков в результате повторяющейся деятельности. В процессе упражнения устанавливается сложное взаимодействие между ЦНС, рецепторами, двигательным аппаратом, дыхательной, сердечно-сосудистой и другими системами, которое происходит по типу образования условных рефлексов. В результате упражнения возрастает мышечная сила, повышается скорость и точность рабочих движений, так как нет необходимости каждый раз переключать внимание с одного элемента работы на другой, укорачивается также период восстановления. Вырабатывается динамический стереотип.

7. **Производственная гимнастика**. В её основе лежит феномен активного отдыха, описанный И.М. Сеченовым: утомлённые мышцы и нервные центры лучше отдыхают не при полном покое, а при работе других мышечных групп, при смене вида деятельности.

8. **Функциональная музыка** способствует снижению утомительности труда, улучшению настроения, повышает работоспособность, но применять её не рекомендуется при работах со значительной концентрацией внимания, при умственной напряжённой работе.

9. **Комнаты психофизиологической разгрузки** с приятным интерьером, удобной мебелью, специальной музыкой и т. п.

4.2. Практическая часть

1. Ознакомиться по данному пособию с методами исследования физиологических функций, используемыми при оценке работоспособности и степени утомления.

2. Исследовать частоту и амплитуду тремора при помощи треморометра.

Исследование частоты тремора. Треморометр устанавливают на столе на уровне плеча сидящего обследуемого, включают в сеть, переводят стрелку счётчика касаний на нуль. Обследуемый берёт в руку штифт тре-

морометра. Поза обследуемого должна быть удобной, рука со стержнем не должна быть фиксированной относительно туловища или стола.

Обследуемый выполняет **динамическую пробу**, для этого вводит штифт в линейную (или изогнутую) прорезь панели треморометра и проводит его как можно быстрее и аккуратнее от начала прорези до конца и обратно, стараясь не касаться стенок. Время проведения штифта вдоль прорези и обратно фиксируется помощником по секундомеру, число касаний регистрируется автоматически счётчиком касаний.

Далее рассчитывается частота тремора (число касаний в секунду), для этого число касаний делится на время проведения штифта. О высоком уровне координации движений свидетельствует частота менее 0,2 касаний в секунду, среднем уровне – от 0,2 до 0,4 касаний в секунду и низком уровне – более 0,4.

Исследование амплитуды тремора (статическая проба). Для этого обследуемый последовательно удерживает штифт в круглых отверстиях разного диаметра (10, 7, 5, 3 мм), расположенных на панели треморометра, стараясь не касаться стенок. Сначала штифт вводится на 10 секунд в самое большое отверстие, если в течение этого времени касания не произошло, штифт помещают в следующее отверстие и т. д. Опыт заканчивается, как только обследуемый коснётся штифтом стенок отверстия. При этом учитывается диаметр отверстия и время удержания штифта без касания в этом отверстии. Амплитуду тремора рассчитывают по формуле:

$$A_{\text{тр.}} = (D - 1,5) / 2 \cdot t,$$

где: $A_{\text{тр.}}$ – амплитуда тремора, мм;

D – диаметр отверстия, в котором произошло первое касание до истечения 10 секунд удержания в нём штифта;

1,5 – диаметр штифта;

t – время удержания штифта без касания (с).

3. Исследовать критическую частоту слияния световых мельканий (КЧСМ). Исследование проводится монокулярно на левом или правом гла-

зу в условиях искусственного освещения учебного помещения. Перед началом исследования испытуемый знакомится с сущностью явления, убеждается в наличии перехода светового сигнала от прерывистого до непрерывного при изменении частоты мельканий. Экспериментатор плавно увеличивает частоту световых мельканий и определяет её значение, при котором у испытуемого возникает ощущение слияния световых мельканий.

4. Провести корректурную пробу.

Студенты получают корректурные таблицы Иванова-Смоленского, знакомятся с их построением. Далее внимательно слушают и запоминают задание, которое даёт преподаватель. Начало и окончание выполнения задания производится по команде преподавателя. На выполнение задания отводится 1 минута. Время контролируется по секундомеру.

Далее подсчитывают:

- 1) общее количество просмотренных за 1 минуту знаков, (в одной строке 40 знаков), N ;
- 2) число ошибок (ошибками считаются пропуски подлежащих зачёркиванию знаков, зачёркивание незаданных знаков, зачёркивание знаков не таким образом, как задано), $Oш$;
- 3) число правильно зачёркнутых знаков, $П$;
- 3) показатель точности работы, $Тр = П / (П + Oш)$;
- 4) продуктивность работы $Пр = N \cdot Т$, где $Т$ время выполнения работы, мин;
- 5) интегральный показатель состояния ЦНС, $S = (N - Oш) / Т$.

5. Исследовать память методом запоминания чисел.

Преподаватель в течение 30 с демонстрирует студентам таблицу (бланк памяти), на которой изображено 12 двузначных чисел, после этого таблицу убирает. Студенты в течение 1 минуты записывают числа, которые запомнили. Затем снова вывешивается таблица, и студенты сравнивают свои результаты с числами в таблице. Учитывается общее количество правильно записанных чисел. Воспроизведение более 8 чисел свидетельствует о хо-

рошем запоминании, 4-8 – об удовлетворительной памяти, менее 4 – о недостаточном объёме памяти.

6. Исследовать внимание методом отыскивания чисел.

Для исследования приглашается желающий из числа студентов. Преподаватель с расстояния 70 см показывает таблицу, в которой произвольно расположены числа от 1 до 25.

Задача студента: как можно быстрее отыскать, указать и назвать все числа по порядку. Время выполнения задания фиксируется по секундомеру другим студентом.

Затраченное на это задание время до 45 с считается хорошим результатом, 45-55 с – удовлетворительным и свыше 55 с – неудовлетворительным.

Для оценки работоспособности и степени утомления все пробы должны проводиться в динамике: в начале работы, в различные периоды её выполнения, по окончании работы, а также после работы для оценки скорости восстановления физиологических функций. При повторных исследованиях таблицы должны заменяться.

4.2.1. Контрольные вопросы

1. Понятия «труд», «работа». Умственный и физический труд, динамическая и статическая работа.
2. Характеристика основных форм трудовой деятельности.
3. Функциональные изменения, происходящие в организме при физическом и умственном труде.
4. Работоспособность, фазы изменения работоспособности.
5. Понятия «утомление» и «переутомление».
6. Методы исследования физиологических функций при оценке работоспособности и степени утомления:
 - исследование мышечной работоспособности;
 - исследование функций сердечно-сосудистой системы;
 - исследование функций дыхательной системы;

-исследование функционального состояния центральной нервной системы (хронорефлексометрия, исследование КЧСМ, треморометрия),
- психофизиологические исследования.

7. Понятия «тяжесть труда», «напряжённость труда». Классификация условий труда по степени тяжести и напряжённости.
8. Основные эргономические показатели тяжести трудового процесса.
9. Факторы и основные эргономические показатели, характеризующие напряжённость интеллектуального труда.
10. Оценка условий труда по степени тяжести и напряжённости.
11. Профилактика утомления при физическом и умственном труде.

ТЕМА 5. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ

О существовании ионизирующего излучения (ИИ) человечество узнало на рубеже XX века благодаря открытию в 1895 г. Вильгельмом Рентгеном X-лучей; в 1896 г. французский физик Антуан Анри Беккерель открыл явление радиоактивности солей урана, а Пьер и Мария Кюри в 1898 г. обнаружили радиоактивные свойства полония и радия. Наряду с прекрасными методами диагностики и лечения многих заболеваний с помощью ИИ, оно является смертельно опасным для человека. Погибли почти все первые исследователи радиации – Мария, Ирен, Фредерик Жолио-Кюри, умершие от лучевой болезни, а также многие медики, работавшие с источниками ИИ без должных мер предосторожности. Мощным толчком для изучения воздействия ИИ на организм человека явились испытания ядерного оружия и его прямое применение в 1945 г. в японских городах Хиросима и Нагасаки.

Предупреждением вредного действия ИИ на человека и население в целом занимается радиационная гигиена. Актуальность радиационной гигиены определяется широчайшим использованием источников ИИ в разных отраслях производственной деятельности, а также огромным числом людей, подвергающихся воздействию радиационного фактора и недооценкой степени опасности этого фактора для здоровья. Радиационная гигиена выделена в особую гигиеническую дисциплину по действующему на организм фактору и входит во все разделы гигиены – гигиену питания, детей и подростков, труда, водоснабжения, жилища, военную гигиену.

5.1. Основные понятия радиационной гигиены

Радиоактивность – самопроизвольное превращение неустойчивых ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием частиц (корпускулярная составляющая) и гамма-квантов (фотонов) – (электромагнитная составляющая).

Ионизирующее излучение – излучение, взаимодействие которого со средой приводит к ее ионизации, т. е. к образованию зарядов обоих знаков. Ультрафиолетовое, инфракрасное излучения и видимый свет способны при определенных условиях вызывать ионизацию среды (например, в газоразрядных лампах), но они не относятся к ИИ. Эти виды излучения связаны с перестройкой внешних электронных оболочек атома, а ИИ – с перестройкой внутренних электронных оболочек.

Радионуклиды – любые разновидности атомов, независимо от принадлежности к одному элементу. Различают изотопы и изобары.

Изотопы – разновидности одного химического элемента, занимающие одно место (topos) в периодической системе элементов, но отличающиеся массами атомов. Химические свойства атомов, т. е. принадлежность атома к какому-либо химическому элементу, зависят от числа электронов и их расположения в электронной оболочке атома. Место элемента в периодической системе определяется его порядковым номером Z , равным числу электронов в оболочке атома, или, что то же самое, числу протонов, содержащихся в атомном ядре.

Массовое число атома $A = Z + N$, где Z – число протонов, N – число нейтронов. От соотношения протонов и нейтронов в ядре зависят стабильность ядра, тип распада. Изотопы – атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но с разным числом нейтронов обладают идентичными химическими свойствами, но имеют различные массы и различные ядерные свойства.

Пример: ^{238}U содержит 92 протона и 146 нейтронов, а ^{235}U тоже 92 протона, но 143 нейтрона.

Изобары – атомы различных химических элементов с одинаковым массовым числом A . Ядра изобаров содержат равное количество нуклонов (протоны + нейтроны), но различные числа протонов и нейтронов. Например, атомы бериллия, бора и углерода представляют собою 3 изобара с массовым числом 10.

Основной закон радиоактивного распада – экспоненциальный закон уменьшения во времени среднего числа активных ядер. В единицу времени распадается некоторая доля общего числа ядер радиоактивного элемента (например, 1%). Эта неизменная для каждого радиоактивного вещества величина характеризует вероятность распада, она называется **постоянная распада** (λ).

Период полураспада (T) – это время, за которое распадается половина первоначального числа радиоактивных ядер.

$$T = 0,693 \lambda$$

В зависимости от периода полураспада различают изотопы:

- короткоживущие, период полураспада которых исчисляется долями секунды, минутами, часами, днями (^{214}Po , ^{210}Po , ^{222}Po);
- долгоживущие – с периодом полураспада от нескольких месяцев до миллиардов лет (^{238}U , ^{234}U).

Абсолютная скорость радиоактивного распада характеризуется активностью, т. е. числом атомов, распадающихся в единицу времени. **Активность** – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. В международной системе единиц (СИ) за единицу активности принят беккерель (Бк), равный одному распаду в секунду. Удельная активность – отношение активности радионуклида к массе или объему вещества (Бк/кг, Бк/м³, Бк/л).

Ранее использовалась внесистемная единица активности – кюри (Ки), она соответствует активности 1 г радия, находящегося в равновесии с продуктами его распада.

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}; \quad 1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}.$$

Между активностью в единицах кюри и весом радиоактивных веществ в граммах существует определенная связь: с уменьшением постоянной распада (λ) или возрастанием периода полураспада (T) вес радиоактивного материала при одной и той же активности возрастает. Так, для йо-

да-131, для которого период полураспада равен 8,06 суток, вес 1 кюри составляет 0,008 мг, для урана-238, для которого период полураспада равен 4,5 млрд. лет, – около 3 т.

5.2. Виды ионизирующих излучений

Все виды ИИ условно разделяют на электромагнитные, волновые или фотонные (рентгеновское, гамма-излучение) и корпускулярные (альфа-, бета-, нейтронное, протонное, мезонное излучения). Вместе с тем, любая частица имеет волновую природу, а любая волна – свойства квантования, т. е. свойства частицы.

Классификация ИИ проводится как по типу ионизации, так и по физическому состоянию (рис. 22).

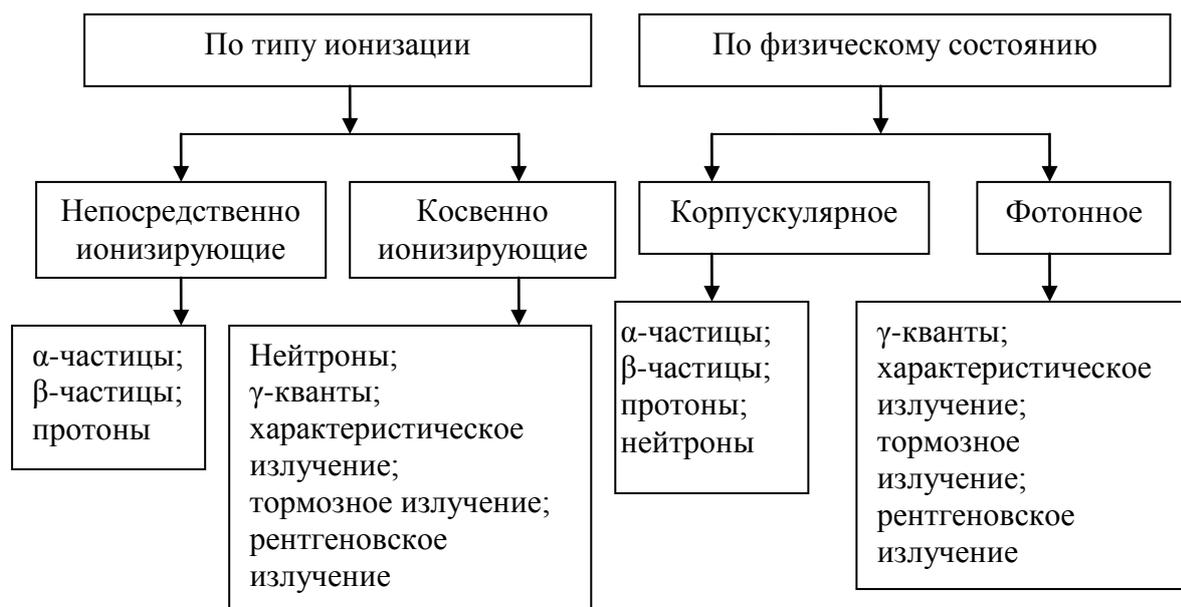


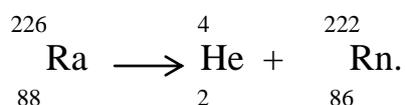
Рис. 22. Виды ионизирующего излучения

Фотонное излучение является косвенно ионизирующим. Оно представляет собой поток электромагнитных колебаний (квантов) с определенной длиной волны и энергией, распространяющийся прямолинейно и равномерно во все стороны от источника с постоянной скоростью, близкой к скорости света. По условиям образования различают следующие виды фотонного ИИ: гамма-, рентгеновское, тормозное и характеристическое.

Корпускулярное излучение представляет собой поток элементарных частиц, обладающих определенной энергией и массой покоя, отличной от нуля. Частицы, имеющие электрический заряд (альфа-частицы, электроны, позитроны, протоны) и кинетическую энергию, достаточную для ионизации атомов среды, относятся к непосредственно ионизирующему виду излучения. Нейтральные элементарные частицы (нейтроны с разной энергией) из-за отсутствия электрического заряда сами по себе не вызывают ионизацию, но в процессе их взаимодействия со средой происходит образование заряженных частиц, способных создавать эффект ионизации. Поэтому нейтральные частицы относят к косвенно ионизирующим.

5.2.1. Корпускулярное излучение

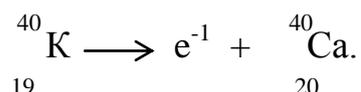
Альфа-частицы – поток положительно заряженных атомов гелия. Альфа-распад характерен для тяжелых (трансурановых) природных и искусственных радионуклидов. Длина пробега в воздухе составляет несколько сантиметров, в биологических тканях – до 50 мкм, задерживаются кожей. Энергия альфа-частиц расходуется в основном на ионизацию среды, в которой создается большая плотность ионизации. К примеру, при энергии 3 МэВ на 1 мм пробега альфа-частиц образуется 40 тысяч пар ионов. Вещество, имеющее альфа-распад, опасно при внутреннем облучении, в частности, при инкорпорации, т. к. создаются огромные дозы облучения на малом расстоянии. Альфа-распад характерен для естественных радиоактивных элементов с большими порядковыми номерами, следовательно, с малыми энергиями связи. Альфа-распад приводит к уменьшению порядкового номера элемента на две единицы и массового числа на четыре единицы, в сравнении с «материнским» нуклидом:



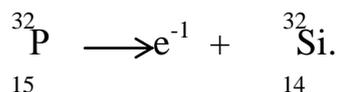
Бета-частицы – поток отрицательно заряженных электронов или положительно заряженных позитронов (античастиц электронов). Длина пробега в воздухе составляет несколько метров, в биологических тканях – до 1-4 см. Плотность ионизации среды при энергии 3 МэВ – 4 пары ионов на 1 мм пути. Опасно как при внешнем, так и при внутреннем облучении. Период полураспада бета-активных ядер варьирует от 10^{-2} с до 10^{18} лет.

Существуют 3 вида бета-распада: электронный, позитронный и К-захват.

1. Электронный бета-распад характерен как для естественных, так и для искусственных радиоактивных элементов. При этом возникает ядро нового радионуклида при неизменном массовом числе «материнского», к примеру:



2. Позитронный бета-распад наблюдается у некоторых искусственных радиоактивных изотопов. При этом порядковый номер распадающегося элемента уменьшается на единицу, а масса не меняется, например:



3. К-захват – захват орбитального электрона К-оболочки ядром. Происходит превращение ядра, аналогичное позитронному бета-распаду. Позитронный распад и К-захват являются конкурирующими процессами. При К-захвате из ядра вылетает нейтрино и возникает характеристическое рентгеновское излучение.

Нейтронное излучение – поток тяжелых частиц без заряда. Длина пробега в воздухе – сотни метров, биологические ткани пронизывает, опасно при внешнем облучении, а также при внутреннем за счет наведенной радиации. Источником нейтронов являются: ядерный реактор, атомная бомба.

5.2.2. Фотонное излучение

Гамма-излучение образуется в результате энергетических изменений ядер в процессе радиоактивного распада, а также при аннигиляции (уничтожении, исчезновении) частиц, к примеру, позитрона и электрона, когда частица и соответствующая ей античастица превращаются в электромагнитное излучение – фотоны или кванты. Длина пробега в воздухе – сотни метров, биологические ткани пронизывает. Опасно при внешнем облучении.

Тормозное излучение – электромагнитное излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое заряженными частицами при торможении в электрическом поле атомного ядра. Интенсивность тормозного излучения пропорциональна квадрату ускорения заряженной частицы, а ускорение, в свою очередь, обратно пропорционально массе частицы. Поэтому в одном и том же поле тормозное излучение мельчайшей частицы – электрона – будет в миллионы раз мощнее излучения протона. На практике чаще всего используют тормозное излучение, возникающее при рассеянии электронов в электрическом поле атомных ядер. Такова природа рентгеновских лучей в рентгеновских трубках и гамма-излучения, испускаемого быстрыми электронами при прохождении через вещество.

Характеристическое излучение с дискретным энергетическим спектром образуется при изменении энергетического состояния атома в связи с перестройкой его внутренних электронных оболочек.

Рентгеновское излучение представляет собой совокупность тормозного и характеристического излучений. Различают жесткое (длина волны менее 2 ангстрем (Å°)) и мягкое (более 2 Å°) рентгеновское излучение. $1 \text{ Å}^\circ = 10^{-10}$ м. Длина пробега в воздухе – десятки метров, биологические ткани пронизывает, опасно только при внешнем облучении.

На рис. 23 показана проникающая способность основных видов ИИ.

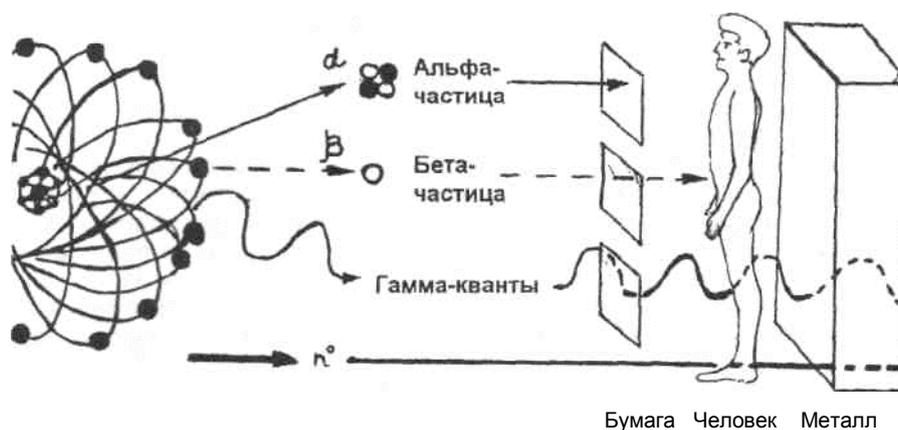


Рис. 23. Проникающая способность основных видов ионизирующего излучения

5.3. Доза излучения и единицы ее измерения

Биологический эффект при воздействии ИИ определяется количеством поглощенной энергии на единицу массы, т.е. поглощенной дозой (Д). **Поглощенная доза** – фундаментальная дозиметрическая величина. В международной системе единиц она измеряется в Грехах (Гр). Это 1 джоуль энергии, поглощенной в 1 кг вещества. Внесистемная единица поглощенной дозы – рад (rad – по первым буквам английского словосочетания – radiation absorbed dose). 1 Гр= 100 рад.

Эффект лучевого воздействия на организм зависит не только от поглощенной дозы и ее фракционирования во времени, но также от удельной ионизации данного вида излучения. При одинаковой поглощенной дозе биологические эффекты могут быть разными при различных видах ИИ, поэтому гигиеническая оценка последствий воздействия, относительная биологическая эффективность различных видов ИИ осуществляется с применением **взвешивающих коэффициентов** для отдельных видов излучения или коэффициентов качества. Сравнивают дозу конкретного излучения, вызывающую определенный биологический эффект, с дозой стандартного излучения, дающего тот же эффект. Стандартное излучение – рентгеновское с энергией 180-250 кэВ, относительная биологическая эффективность которого принимается за 1 (табл. 6).

Чем выше удельная ионизация, тем больше взвешивающий коэффициент данного вида излучения. Таким образом, взвешивающий коэффициент показывает, во сколько раз биологическое действие данного вида излучения больше, чем бета-, рентгеновского или гамма-излучения при одинаковой поглощенной дозе.

Таблица 6

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
от 10 до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

Для оценки вредных эффектов от облучения различными видами ИИ введено понятие эквивалентная доза. **Эквивалентная доза** – доза любого вида излучения при облучении биологического объекта, приравненная по биологическому эффекту к рентгеновскому или гамма-излучению. Это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения. **Системная единица измерения** – $\text{дж}\cdot\text{кг}^{-1} = \text{зиверт}$ (Зв). Внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр (биологический эквивалент рентгена или рада). Бэр – поглощенная доза любого вида ИИ, которая вызывает такой же биологический эффект, как 1 рад рентгеновского излучения. $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$. При одинаковой поглощенной дозе биологическое действие альфа-излучения будет в 20 раз больше, чем от бета-, рентгеновского или гамма-излучения.

Эквивалентная доза используется для определения радиационной безопасности конкретного человека. Но эквивалентная доза не позволяет оценивать отдаленные последствия облучения. Для учета таких последствий введена эффективная доза.

Эффективная доза используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела и отдельных органов с учетом их радиочувствительности. Единица измерения – $\text{дж}\cdot\text{кг}^{-1} = \text{Зв}$. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани. Наиболее чувствительны к ионизирующему облучению мало дифференцированные ткани, клетки которых интенсивно размножаются. Радиочувствительность различных клеток варьирует в огромном диапазоне доз. Так, в клетках печени мышей не удалось установить каких-либо морфологических изменений после облучения в дозе 800 Гр, в то время как сперматозоиды мыши гибнут от дозы 0,05 Гр.

Радиочувствительность ткани прямо пропорциональна пролиферативной активности и обратно пропорциональна степени дифференцированности составляющих ее клеток. По радиочувствительности выделено три группы критических органов человеческого организма, т.е. органов, тканей, частей тела или всего тела, облучение которых в данных условиях наиболее существенно в отношении возможного ущерба здоровью:

1 группа – все тело, половые железы, красный костный мозг, они наиболее радиочувствительны и поражаемы.

2 группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик и другие органы, не относящиеся к первой и третьей группам, они менее радиочувствительны.

3 группа – кожа, костная ткань и дистальные отделы конечностей (кисти, предплечья, лодыжки, стопы), относительно устойчивы к облучению.

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы – это множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации. При расчете эффективной дозы облучения применяют следующие взвешивающие коэффициенты: гонады – 0,2; красный костный мозг, толстый кишечник, легкие, желудок – 0,12; мочевой пузырь, молочная и щитовидная железы, печень, пищевод – 0,05; кожа, кости – 0,01.

Для оценки радиационной обстановки определяют **экспозиционную дозу**, измеряемую в рентгенах (Р). 1 рентген соответствует образованию в 1 см³ воздуха под воздействием гамма- и рентгеновского излучения при 0° С и 760 мм рт. ст. 2,08 10⁹ пар ионов.

5.4. Основные источники облучения человека

Все источники ИИ условно подразделяют на **природные и техногенные**. К природным источникам относятся космическое излучение, радионуклиды земного и космического происхождения. Совокупность природных источников определяет естественный радиационный фон.

Техногенные источники являются результатом научной, инженерной, технической и других видов деятельности людей, т. е. искусственно созданы для их полезного применения или являются побочным продуктом этой деятельности. Совокупность радиационного воздействия на людей естественных и техногенных источников определяет суммарную дозу облучения, величина которой может варьировать в широких пределах.

5.4.1. Природные источники ионизирующих излучений

Природные или естественные источники обуславливают основную часть облучения населения земного шара. Природная радиоактивность

биосферы обусловлена терригенными (земного происхождения) и космогенными радионуклидами. Первые появились при образовании Земли и представлены радиоактивными элементами семейства урана, радия и тория, а также калием-40, рубидием-87. Космическое излучение подразделяют на первичное, обусловленное высокоэнергетическими частицами из межзвездного пространства, и вторичное, возникающее при взаимодействии первичного излучения с атомами атмосферы.

Природные радионуклиды являются источниками как внешнего, так и внутреннего облучения людей. Космическое излучение обуславливает среднюю годовую эффективную дозу внешнего облучения, равную 0,28 мЗв (28 мбэр), которая возрастает при проживании в высокогорной местности, полетах на самолетах и космических кораблях. Так, за 3-х часовой полет на сверхзвуковом лайнере эквивалентная доза облучения составляет 0,05 мЗв (5 мбэр).

Терригенные источники создают среднюю эффективную дозу внешнего облучения на открытой местности на уровне 4,1 мЗв в год (41 мбэр). Эта доза существенно изменяется в зависимости от характера горных пород и применяемых строительных материалов. На земном шаре известно много мест (в Бразилии, Индии, Иране, Франции, Нигерии и других странах), где уровни внешнего облучения населения достигают 8-40 мЗв в год.

Ведущее значение в формировании дозы внутреннего облучения принадлежит газу радону и продуктам его распада. Среднегодовая индивидуальная эффективная доза, получаемая населением за счет радона, составляет 1,0-1,24 мЗв. Внутреннее облучение на уровне 0,18 мЗв в год также обусловлено калием-40, который входит в состав организма человека.

Таким образом, средняя суммарная доза внешнего и внутреннего облучения человека от всех естественных источников ИИ составляет около 2 мЗв в год. Но эта доза облучения населения может существенно увеличиваться за счет использования строительных материалов (гранит, мрамор,

туф), минеральных удобрений, сжигания топлива, извлекаемого из недр Земли – каменного угля, нефти, газа.

5.4.2. Техногенные источники ионизирующих излучений

Трудно назвать отрасль практической деятельности людей (промышленность, сельское хозяйство, наука, медицина, искусство), где бы не использовались источники ИИ. В этой связи огромное количество людей подвергается воздействию радиационного фактора. В мире насчитывается около 1,6 млн профессионалов (в России более 170 тысяч человек), связанных с использованием ИИ. Наибольшая доля профессионалов – это медицинские работники: врачи-рентгенологи, техники-рентгенологи, врачи и сестры радиологических отделений. Источники радиоактивного излучения используются для:

- повышения качества продукции химической промышленности. К примеру, облучение автомобильных шин увеличивает их пробег на 20-30 %;
- получения материалов с заранее заданными свойствами;
- изучения и совершенствования технологических процессов путём введения в химические соединения радиоактивных изотопов. В частности, это используется для изотопного разделения, радиометрического титрования, для определения микроколичеств веществ методом нейтронно-активационного анализа;
- гамма-дефектоскопии, широко применяемой в металлургии, судостроении, при строительстве газо- и нефтепроводов, для неразрушающего контроля качества изделий;
- в атомных реакторах для производства электрической энергии;
- радиационной стерилизации и пастеризации пищевых продуктов; облучения зерна и картофеля с целью повышения сроков их хранения; уничтожения трихинелл в свинине;
- диагностики и лечения различных заболеваний.

В 1954 г. в СССР была создана первая в мире атомная электростанция (АЭС) в г. Обнинске Калужской области. В настоящее время в 30-ти странах мира эксплуатируются более 500 энергетических ядерных реакторов. При их эксплуатации в штатном режиме облучение населения от выбросов в окружающую среду составляет в среднем 0,001 мЗв в год, т. е. составляет менее 0,1 % от величины дозы естественного облучения. Однако для людей, проживающих вблизи АЭС, она может быть существенно выше. История атомной энергетики насчитывает более 300 аварий на АЭС, которые сопровождались существенным облучением населения и радиоактивным загрязнением больших территорий. Радиационные аварии и инциденты имели место в Великобритании (Уиндсейль, 1957), США (штат Айдахо, 1961; Три-Майл-Айленд, 1979), Германии (Хаме, 1986), на Украине (Чернобыль, 1986), России (Томск, 1993).

Наряду со стационарными, используются мобильные реакторы – на атомных подводных лодках, атомных ледоколах и др.

Значимым техногенным источником ИИ является атомное оружие. В 1945 г. американцы сбросили атомные бомбы на японские города Хиросима и Нагасаки, крайне негативные последствия этой атомной бомбардировки проявляются и в настоящее время.

До 1963 г. проводились испытания этого оружия в атмосфере, что привело к глобальному повышению радиационного фона планеты. Продукты ядерных взрывов содержат более 200 радиоактивных изотопов с массовыми числами от 72 до 161, из них гигиенически значимыми являются тритий (период полураспада 12,3 года) и углерод (^{14}C) с периодом полураспада 5737 лет. Последствием проведения испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне явилось радиоактивное загрязнение территории Алтайского края, Кемеровской, Новосибирской и других областей Сибири.

5.4.3. Облучение в медицинских целях

В настоящее время основной вклад в дозу, получаемую человеком от техногенных источников радиации, вносит медицинское облучение. Термин “медицинское облучение” относится только к облучению пациента с диагностической или лечебной целью и не распространяется на персонал, выполняющий функции по эксплуатации медицинских источников ИИ, хотя последние могут оказывать на него радиационное воздействие.

В медицине ИИ и радиоактивные вещества применяются с самыми различными целями:

- **для диагностики** (рентгеноскопия, рентгенография, флюорография; статическая сцинтиграфия для определения распространения радиоактивного индикатора в органах и тканях, основанная на регистрации световых вспышек, идущих от сцинтиллятора и испускающих ИИ; динамическая сцинтиграфия; компьютерная томография; исследование обменных процессов и скорости кровотока с помощью изотопов;
- **для лечения** главным образом злокачественных новообразований – теле-гамма-терапия, близкофокусная рентгенотерапия, радиоаппликационная терапия, внутриволостная и внутритканевая радиотерапия;
- **для научных исследований** – метод радиоактивных меток или меченых атомов, основанный на добавлении к стабильному элементу небольшого количества его радиоактивного изотопа. Обладая аналогичными биохимическими свойствами, изотопы включаются в процессы обмена веществ, по их распределению в органах и тканях можно судить об участии стабильных элементов в функционировании организма. Метод автордиографии используется для изучения распределения радиоактивных веществ в исследуемом объекте наложением чувствительной к радиоактивным излучениям фото-

эмульсии, при этом содержащиеся в объекте радиоактивные вещества как бы сами себя фотографируют.

Искусственные радионуклиды (изотопы) получают при облучении стабильных элементов тепловыми нейтронами, которые, попадая в ядра атомов, образуют изотопы облученного химического элемента. В диагностике сердечно-сосудистых заболеваний используется фосфор-32, состояние щитовидной железы оценивается с помощью йода-131, почек – с помощью золота-192. В лучевой терапии используются радиофармацевтические препараты – кобальт-60, цезий-137, иридий-192 и др.

Медицинское облучение всегда осуществляется преднамеренно, хотя и сопровождается риском для здоровья облучаемого пациента. Однако этот риск должен быть оправдан пользой, которую невозможно получить иным путем.

Наибольший вклад в облучение пациентов приходится на рентгенодиагностику. В развитых странах мира производится от 259 до 1419 рентгенологических процедур в год на 1000 населения, не считая рентгенологических исследований зубов и флюорографии. В ряде промышленно развитых стран (Швеции, Великобритании, США) частота рентгеновских исследований легких снижается, поскольку вследствие снижения заболеваемости туберкулезом целесообразность массовых обследований становится сомнительной. Максимальные дозы облучения формируются при рентгеноскопии желудочно-кишечного тракта, костного мозга, почек и мочевыводящих путей, при катетеризации сердца и других органов. Так, при рентгеноскопии желудка доза однократного местного облучения – 3,5 мЗв; при флюорографии средняя доза облучения – 0,7 мЗв. Для сравнения – 0,001 мЗв получает человек в течение года при ежедневном 3-часовом просмотре телепередач; 1,5-2 мЗв – годовое поступление радионуклидов в организм за счет естественного радиоактивного фона.

В последние десятилетия широкое распространение получила радиоизотопная диагностика с использованием радиофармацевтических препа-

ратов, представляющих собой ничтожно малые в весовом отношении количества радионуклидов и меченые ими соединения, которые вводятся в организм с целью определения функциональных возможностей органов или для проведения аппликационной, внутрисполостной и внутритканевой диагностики и терапии. В медицинской практике используется около 60 радионуклидов и более 100 меченых соединений, имеющих относительно короткий эффективный период полураспада (от 6 часов до 30 дней), они достаточно быстро выводятся из организма. Наиболее частой диагностической процедурой является радиоизотопное сканирование органа с целью выявления опухоли по уровню накопления радионуклида в ней.

Использование источников ИИ в медицинских целях вносит намного более весомый вклад в облучение населения, чем техногенно повышенный естественный радиационный фон. Однако возможный ущерб от него для населения Земли остается существенно меньшим, чем польза в виде ранней диагностики, своевременного и эффективного лечения таких тяжелых заболеваний, как рак, туберкулез и другие, следовательно, увеличения продолжительности жизни людей. Облучение при медицинских рентгено-радиологических исследованиях составляет от 80 до 140 % от естественного радиационного фона.

Согласно требований норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009), ограничение медицинского облучения предполагает:

- обоснование назначения радиологических медицинских процедур и оптимизацию мер защиты пациентов;
- при проведении профилактических медицинских и научных рентгенологических исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза их облучения не должна превышать 1 мЗв;
- лица, оказывающие помощь пациенту при выполнении рентгено-радиологических процедур, не должны подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год;

- мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от пациента, которому с терапевтической целью введен радиофармацевтический препарат, не должна превышать на выходе из радиологического отделения 3 мкЗв/ч;
- при использовании источников излучения в медицинских целях контроль доз облучения пациентов является обязательным.

Таким образом, на человека воздействует комплекс источников ИИ. Значимость этих источников неодинакова для разных категорий облучаемых лиц: наибольший вклад в коллективную дозу облучения населения вносит естественный радиационный фон и медицинское облучение (табл. 7). В отдельных случаях возможно облучение от радиоактивного загрязнения биосферы в результате эксплуатации объектов ядерной энергетики, а также от проводившихся испытаний ядерного оружия.

Таблица 7

Уровни облучения населения от различных источников (Зв/чел.)

Источник облучения	Средняя индивидуальная эффективная доза облучения	
	Россия	Среднее мировое значение
Природные источники	2,4	2,4
Медицинское облучение, в том числе:	1,0	0,4
рентгенодиагностика	0,98	0,32
радионуклидная диагностика	0,04	0,08
Глобальные выпадения	0,022	0,007
Другие техногенные излучения	0,005	0,0005
Всего	3,4	2,9

5.5. Биологическое действие ионизирующей радиации

Особенности биологического действия ИИ:

1. Неощутимость действия на организм человека вследствие отсутствия у него соответствующих рецепторов. Радиация не имеет запаха, цвета, давления, не сопровождается образованием шума, света, температуры. При облучении человек не получает сигнала бедствия от своих органов чувств, поэтому он может проглотить, вдохнуть радиоактивное вещество

без всяких первичных ощущений, возможно получение больших доз облучения. Для обнаружения ИИ используют радиометрические приборы.

2. Наличие латентного периода проявления биологического эффекта. Видимые поражения кожи, недомогание, характерные для лучевой болезни, проявляются спустя некоторое время после облучения.

3. Наличие эффекта суммирования поглощенных доз, которое происходит скрыто. Если организм человека систематически подвергается воздействию ИИ, то дозы суммируются, что неизбежно приводит к лучевым эффектам.

5.5.1. Факторы, влияющие на действие ионизирующего излучения на организм

Биологическое действие любого электромагнитного излучения зависит от следующих факторов:

- энергии кванта;
- глубины проникновения в ткани организма;
- интенсивности облучения – количества энергии на единицу площади в единицу времени;
- режима облучения, определяющего дозу облучения;
- площади облучения;
- состояния организма.

Различают прямое и косвенное действие ИИ на биологическую ткань. В результате **прямого действия** происходит ионизация и возбуждение сложных молекул с последующей их диссоциацией, разрывами химических связей. В возбужденном состоянии молекула органического вещества находится очень короткое время – 1×10^{-14} с. За это время энергия возбуждения концентрируется на одной из химических связей, что может привести к отрыву от молекулы какого-то фрагмента. Результатом ионизации является скачкообразное изменение электромагнитного поля молекулы, в результате чего возможен разрыв химических связей.

Косвенное действие связано с радиационно-химическими процессами. Первичным механизмом повреждающего действия ИИ на организм является **радиолиз внутриклеточной воды**. При облучении биологических объектов, содержащих в своем составе воду, половина поглощенной клеткой дозы приходится на воду (непрямое действие ИИ), вторая половина – на органоиды и растворимые вещества клетки (прямое действие). Вода, которой в организме человека 65-70 % от массы тела, подвергается ионизации, расщепляется на водород и гидроксильную группу (OH^-), которые через цепь вторичных превращений образуют продукты с высокой химической активностью: гидропероксид (HO_2), перекись водорода (H_2O_2), а также свободные радикалы. Эти несвойственные клетке вещества называются **радиотоксинами**, они взаимодействуют с органическими веществами тканей, окисляя и разрушая их.

Происходят специфические радиационно-химические превращения в тканях. При этом наибольшее патогенетическое значение имеет воздействие радиотоксинов на реактивные белковые структуры ферментных систем, в частности, активные сульфгидрильные группы белков переходят в неактивные дисульфидные группы. Под воздействием радиации нуклеопротеиды распадаются на протеин и ДНК.

При окислении ненасыщенных жирных кислот и фенолов образуются липидные радиотоксины (перекиси, эпоксиды, альдегиды, кетоны) и хиноновые радиотоксины, угнетающие синтез нуклеиновых кислот, подавляющие активность различных ферментов, повышающие проницаемость биологических мембран. В облученном организме нарушается нормальное течение биохимических процессов и различных видов обмена. В зависимости от величины поглощенной дозы и индивидуальных особенностей организма эти нарушения могут быть обратимыми, когда пораженная ткань восстанавливает свои функции, или же необратимыми.

Негативные физиологические эффекты могут проявиться сразу после воздействия, но некоторые поражения клетки выявляются только после

митоза, так как они связаны с локальным повреждением хромосомного аппарата вследствие прямого попадания излучения. Это проявляется разрывом хромосом, образованием их фрагментов, которые могут сохраняться или восстанавливаться. Правильное воссоединение хромосомных фрагментов (реституция) означает полное восстановление структуры и функций клетки; неправильное воссоединение (рекомбинация) приводит к образованию хромосомных aberrаций. Мутации, однажды возникнув, сохраняются в результате конвергентной редупликации ДНК и передаются всем последующим клеточным поколениям.

Таким образом, изменения на клеточном уровне не только приводят к нарушению функций отдельных органов и систем в облученном организме, но и вызывают также наследственные изменения, которые передаются последующим поколениям облученных людей и способствуют индуцированию злокачественных новообразований. Повреждение ядерного аппарата клеток, связанное с нарушением обмена нуклеиновых кислот, является одним из важнейших механизмов общего лучевого поражения.

Индукцированные продуктами радиолиза воды химические реакции распространяются на многие сотни и тысячи молекул, первично не затронутых излучением. Специфика действия ИИ на живой организм состоит в том, что производимый им биологический эффект обусловлен не количеством переданной энергии, а ее последующей трансформацией. Этим во многом объясняется радиобиологический парадокс – несоответствие между ничтожной величиной поглощения энергии и крайней степенью выраженности реакции биологического ответа вплоть до летального исхода.

5.5.2. Виды радиоиндуцированных эффектов

Биологические последствия воздействия ИИ на организм проявляются в двух радиоиндуцированных эффектах:

1. **Детерминированные (соматические) пороговые эффекты** – это клинически значимые эффекты, которые проявляются в виде явного радиационного поражения. Они могут быть местными (лучевые ожоги, лучевой

дерматит, лучевая катаракта) и общими (острая и хроническая лучевая болезнь; лучевое бесплодие, проявляющееся во временной или постоянной стерильности; нарушения гемопоэза). В проявлении ранних детерминированных эффектов характерна четкая зависимость от дозы облучения, которая может вызвать радиационные повреждения разной степени тяжести – от скрытых, незначительных повреждений без клинических проявлений, до острой и острейшей лучевой болезни. Формирование детерминированных эффектов происходит при накоплении значительной дозы облучения, для предупреждения этого устанавливают пороги облучения.

2. Стохастические (вероятностные, случайные, не обязательные) эффекты проявляются в сокращении продолжительности жизни, увеличении числа больных онкологическими заболеваниями (лейкозами) или врожденными генетическими повреждениями у потомков облученных, они носят беспороговый характер. При этом тяжесть стохастических эффектов не зависит от дозы облучения, а клиническое течение таких заболеваний не специфично, они ни по каким показателям не отличаются от спонтанно возникших. Таким образом, любые сколь угодно малые дозы облучения не могут гарантировать от появления стохастических эффектов. Величина дозы облучения влияет на вероятность стохастических эффектов, но не на их тяжесть – чем выше доза облучения, тем больше частота (вероятность) случаев возникновения злокачественных новообразований или наследственных дефектов в популяции людей, в том числе у каждого индивидуума. Стохастические эффекты называют также отдаленными последствиями облучения, которые могут проявляться через очень большие промежутки времени, спустя годы и десятилетия после облучения.

Клинические проявления лучевых поражений многообразны и варьируемы по тяжести. Это объясняется сложными взаимосвязями различных факторов. Это индивидуальные особенности облученного организма: пол, возраст, состояние нейроэндокринной регуляции, общее физическое здоровье, наличие или отсутствие хронических заболеваний, физиологическое

состояние организма – беременность, лактация, хроническое переутомление, недоедание.

Определяющее значение имеют доза облучения и вид излучения. При облучении дозой 250-750 мЗв возникают кратковременные, незначительные изменения состава крови; 500-1000 мЗв – нижний уровень облучения, способный индуцировать лучевую болезнь; 4500 мЗв – тяжелая степень лучевой болезни, при которой погибают 50% облученных; 2500-6000 мЗв – смертельная доза облучения.

5.6. Гигиеническое нормирование воздействия ионизирующих излучений

Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущих поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ИИ. Граждане России имеют право на радиационную безопасность, которая обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ИИ выше установленных норм, выполнения гражданами и организациями требований по обеспечению радиационной безопасности.

Основу системы радиационной безопасности составляют современные международные научные рекомендации, законодательства стран, достигших высокого уровня радиационной защиты населения, и отечественный опыт с учетом его достижений и недостатков. В настоящее время в России действуют нормы радиационной безопасности – НРБ-99/2009.

Для обеспечения радиационной безопасности пользуются следующими тремя основными принципами:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ИИ (принцип нормирования);
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников ИИ, при которых полученная для человека и общества польза не

превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением (принцип обоснования);

- поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ИИ (принцип оптимизации).

Используется дифференцированный подход в установлении допустимых уровней облучения.

В НРБ регламентированы основные дозовые пределы облучения следующих групп облучаемых лиц:

- группа А – персонал, т. е. лица, работающие с техногенными источниками излучения;
- группа Б – лица из персонала, находящиеся по условиям работы в сфере воздействия техногенных источников излучения;
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

В табл. 8 приведены основные пределы доз для трех категорий облучаемых лиц.

Таблица 8

Основные пределы доз, мЗв

Нормируемые величины	Группа А	Группа Б	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	5 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Эквивалентная доза за год:			
в хрусталике	150	37,5	15
коже, кистях и стопах	500	125	50

Соблюдение предела годовой дозы облучения предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов находится на приемлемом уровне.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения установлены специальные ограничения.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать основных пределов доз.

Для женщин фертильного (детородного) возраста (до 45 лет), работающих с источниками ИИ, вводятся дополнительные ограничения – эквивалентная доза на поверхности нижней части живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала. На период беременности и лактации женщину переводят на работу, не связанную с источниками излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников ИИ, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются 3 класса нормативов:

- 1 – основные пределы доз;
- 2 – допустимые уровни многофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего излучения), являющиеся производными от основных пределов доз. Это пределы

годового поступления; допустимые среднегодовые объемные активности и др.

3 – контрольные уровни. Это предельно допустимые выбросы в атмосферу, предельно допустимые сбросы жидких отходов и др.

5.7. Принципы защиты от ионизирующего излучения

При работе с источниками ИИ возможно два основных вида воздействия на человека:

- внешнее облучение всего тела или его части рентгеновским излучением, гамма-лучами, нейтронами;
- внутреннее облучение при поступлении в организм (инкорпорации) радиоактивных веществ.

Радиоактивные вещества могут поступать в организм в виде газов, паров, аэрозолей и в жидком виде через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожу. При попадании внутрь организма наиболее опасны альфа-излучатели.

Конкретная организация системы защиты зависит от типа источника и вида излучения. Различают **закрытые и открытые источники ИИ**. Устройство закрытого источника исключает попадание радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан. При использовании открытого источника возможно попадание содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

Система радиационной защиты пациентов и медицинского персонала включает следующие мероприятия:

1. Планировочно-конструктивные мероприятия – выбор участка для рентгено-радиологического отделения; особенности внутренней планировки помещений; рациональное размещение специального оборудования, защитных устройств и защитных конструкций.

2. Санитарно-дозиметрический контроль персонала, обстановки, окружающей среды.

3. Контроль за состоянием здоровья персонала (медицинские осмотры).

4. Организационные мероприятия – повышение профессионального мастерства, строгое выполнение всех правил работы с радионуклидами, аппаратами, высокая исполнительская и трудовая дисциплина.

5. Средства индивидуальной защиты персонала.

5.7.1. Защита при работе с закрытыми источниками

Основной поражающий фактор при работе с закрытыми источниками – внешнее облучение. По характеру действия закрытые источники делят на источники **непрерывного и прерывистого** (периодического) действия. К первой группе относятся установки с гамма-, бета- и нейтронными излучателями. Гамма-излучатели – это радиоактивные изотопы кобальта-60, теллура-107, кадмия-109, йода-137, которые в виде порошков помещают в герметические стальные ампулы и используют в виде радиоактивных бус, игл для внутриполостной радиотерапии.

Бета-излучатели – искусственные изотопы стронция-90, иттрия-90, золота-198, таллия-204. Нейтронные источники состоят из смеси изотопов радия, полония и плутония с бериллием и бором, заключенной в стальные ампулы. Активность этих излучателей различна. Система защиты будет зависеть от активности излучателя, вида излучения, технологии работы с источниками излучения.

Источники прерывистого действия – это рентгеновские аппараты, ускорители заряженных частиц.

Основные параметры защиты вытекают из физической зависимости, указывающей, что доза внешнего облучения (D) пропорциональна активности источника (Q) и времени его действия (t) и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника (R):

$$D = \frac{Q \cdot t}{R^2} .$$

Поэтому при работе с источниками ИИ закрытого типа **основными принципами защиты** являются защита количеством, временем, расстоянием и экранированием.

Защита количеством заключается в использовании источников с минимальной интенсивностью излучения. Однако защита количеством в медицинской практике не получила распространения, так как уменьшение активности источника неизбежно приводит к ослаблению лечебного эффекта и вынужденному увеличению времени контакта больного с излучателем.

Защита временем заключается в сокращении времени работы с источниками. Защита временем предусматривает уменьшение продолжительности облучения персонала за счет ограничения длительности рабочего дня и количества выполняемых за смену процедур, автоматизма рабочих операций и высокой квалификации медицинского персонала, его тренировки.

Защита расстоянием – самый эффективный принцип защиты, так как между дозой облучения и расстоянием существует обратно квадратичная зависимость: при увеличении расстояния в 2 раза доза уменьшается в 4 раза, а при увеличении расстояния в 3 раза – в 9 раз. Для увеличения расстояния используют дистанционный инструментарий (инструменты с удлиненными ручками, тележки с длинными ручками для транспортировки контейнеров с радиоактивными препаратами), дистанционные манипуляторы, захваты, щипцы и др.

Защита экранами является эффективным видом защиты при работе с закрытыми источниками. Она основана на способности различных материалов поглощать ИИ. Поглощающая способность материалов возрастает по мере увеличения атомной массы химических элементов, относительной плотности материала и толщины экрана. Отличными защитными свойствами обладает свинец, с которым сравнивают экранирующие свойства других материалов. Так, в отношении рентгеновских лучей свинцовому

экрану толщиной 1 мм эквивалентны по толщине 12 см стали, 14 см баритобетона, 80 см бетона, 80-110 см кирпичной кладки.

В зависимости от проникающей способности излучения применяют для экранирования различные материалы. При внешнем облучении альфа-частицами в экранировании нет необходимости, так как они имеют небольшой пробег в воздухе и хорошо задерживаются другими материалами (листом бумаги). Для защиты от бета-излучения используют легкие материалы с малым атомным весом – органическое стекло, пластмассы, алюминий (слой алюминия толщиной 0,5 см полностью задерживает бета-частицы), но нельзя использовать свинец, так как возникает жесткое тормозное излучение.

Для защиты от рентгеновского и гамма-излучения применяют экраны из свинца, стали, просвинцованного стекла, а в тех случаях, когда необходимо защищать от излучения соседние помещения, экраном являются конструктивные элементы здания – кирпич, бетон, баритобетон.

Для поглощения нейтронного излучения необходимы многослойные экраны. Первым слоем на пути нейтронов должен быть замедлитель их движения – материалы, содержащие большое количество атомов водорода – вода, парафин, воск, бетон, полиэтилен, дерево, бор. Ловушкой нейтронов называют борированный полиэтилен. Вторым слоем должен быть поглотитель медленных нейтронов – кадмий, бор; третьим слоем на пути уже не нейтронов, а возникшего (наведенного) гамма-излучения, должен быть свинцовый экран.

По своему назначению и конструкции защитные экраны могут быть выполнены в виде контейнеров для хранения и транспортировки радионуклидов, в виде экранов для защиты рабочего места персонала (стационарных и передвижных). Экраны могут быть использованы и в средствах индивидуальной защиты в виде щитка из оргстекла, перчаток и фартуков из просвинцованной резины, смотрового окна из специального стекла в рентгенкабинете и т. д.

Расчет основных параметров защиты от внешнего облучения

Для того, чтобы выяснить необходимость применения защиты от облучения, нужно рассчитать дозу радиации, которую может получить работающий с ИИ при определенных условиях. Расчет дозы бета- и гамма-облучения (D), полученной от точечного источника без специальной защиты, производится по формуле:

$$D = \frac{8,4 \cdot m \cdot t}{R^2},$$

где D – экспозиционная доза;

m – гамма-активность источника облучения в мг/экв. R_a ;

8,4 – мощность дозы, создаваемая 1 мг радия или любым изотопом активностью 1 мг/экв. R_a на расстоянии 1 см;

t – время облучения в часах;

R – расстояние от источника облучения в см.

Критерием при расчете параметров защиты от внешнего облучения является предельно допустимая доза, которая для работающих с источниками ИИ составляет 5 бэр в год (50 мЗв в год). При расчетах удобнее пользоваться недельной допустимой дозой, которая составляет 0,1 бэр (5 бэр разделить на 52 недели календарного года).

Подставив в вышеприведенную формулу значение недельной дозы и выразив расстояние в метрах, получаем упрощенную формулу для расчета основных параметров защиты:

$$\frac{m \cdot t}{r^2} = 120,$$

где m – гамма-активность источника облучения в мг/экв. R_a ;

t – время облучения за рабочую неделю (6 рабочих дней), в часах;

r – расстояние от источника облучения, м;

120 – постоянный коэффициент.

Эта формула применима для расчета защиты количеством, временем и расстоянием.

Защита количеством заключается в определении предельно допустимой активности источника, с которой можно работать без экрана в течение данного времени на данном расстоянии.

Пример. Оператор работает на расстоянии 1 м от источника гамма-излучения в течение 36 часов в неделю. С какой максимальной активностью источника излучения он может работать?

По формуле вычисляем:

$$m = \frac{120 \cdot r^2}{t} = \frac{120 \cdot 1}{36} = 3,3 \text{ мГ/экв. Ра.}$$

Защита временем заключается в определении продолжительности безопасной работы с источником ионизирующего излучения в течение недели.

Пример. Лаборант работает с источником облучения активностью 10 мГ/экв. Ра на расстоянии 1 м от него. Необходимо определить допустимое время работы за неделю.

По формуле вычисляем:

$$t = \frac{120 \cdot r^2}{m} = \frac{120 \cdot 1}{10} = 12 \text{ часов в неделю.}$$

Защита расстоянием заключается в определении расстояния от работающего до источника излучения, на котором можно работать безопасно.

Пример. Мед. сестра радиологического отделения в течение 6 часов ежедневно готовит препараты радия активностью 3,3 мГ/эквРа. На каком расстоянии от источника она должна работать?

$$r = \sqrt{\frac{m \cdot t}{120}} = \sqrt{\frac{3,3 \cdot 36}{120}} = 1 \text{ м.}$$

Защита экранами основана на способности материалов поглощать радиоактивное излучение. Интенсивность поглощения гамма-излучения прямо пропорциональна удельному весу материалов и их толщине и обратно пропорциональна энергии излучения. Толщину защитного экрана, который ослабит мощность гамма-излучения до предельно допустимого уровня, можно рассчитать двумя способами:

- по таблицам (с учетом энергии излучения);
- по слою половинного ослабления (без учета энергии излучения).

Расчет толщины экрана по таблицам. В зависимости от энергии гамма-излучения проникающая способность его будет различной, поэтому для точного расчета толщины защитных экранов составлены специальные таблицы, в которых учитывается кратность ослабления и энергия гамма-излучения (табл. 9).

При несовпадении данных кратности ослабления и энергии излучения с указанными в таблице результат находят методом интерполирования или используют последующие значения, обеспечивающие более надежную защиту.

Пример. Лаборант, производящий фасовку радиоактивного золота-198 с энергией излучения 0,4 Мэв, получит без защиты за неделю дозу облучения 1 рад. Какой толщины свинцовый экран необходимо применить для создания безопасных условий работы?

Величина коэффициента ослабления (кратность ослабления) излучения определяется по формуле:

$$K = \frac{P}{P_0},$$

где K – кратность ослабления;

P – полученная доза;

P_0 – предельно допустимая доза облучения за неделю.

В нашем примере:

$$K = \frac{1,0}{0,1} = 10 \text{ раз.}$$

В таблице 9 на пересечении линий, соответствующих кратности ослабления 10 и энергии излучения 0,4 Мэв, находим, что необходимая толщина свинцового экрана должна быть 13 мм.

Таблица 9

Толщина защитного экрана из свинца (мм) в зависимости от кратности ослабления и энергии гамма-излучения (широкий пучок)

Кратность ослабления, К	Энергия гамма-излучения, МэВ									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,5	0,5	1,0	1,5	2	2	3	4	6	7	8
2	1	2	3	4	5	7	8	10	11,5	13
5	2	4	6	9	11	15	19	22	25	28
8	2	5	8	11	15	19,5	23,5	28	32	35
10	3	5,5	9	13	16	21	26	30,5	35,5	38
20	3	6	11	15	20	26	32,5	38,5	44	49
30	3,5	7	11,5	17	23	30	36,5	43	49,5	55
40	4	8	13	18	24	31	38	45	52	58
50	4	8,5	14	19,5	26	32,5	39,5	46	53	60
60	4,5	9	14,5	20,5	27	34,5	42	49,5	56	63
80	4,5	10	15,5	21,5	28	37	45	53	60	67
100	5	10	16	23	30	38,5	47	55	63	70
Кратность ослабления, К	Энергия гамма-излучения, МэВ									
	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	4	6	8	10
1,5	9,5	11	12	12	12	13	12	10	9	9
2	15	17	18,5	20	20	21	20	16	15	13,5
5	34	33	41	43	44	46	45	38	33	30
8	42	48	52,5	55	57	59	58	50	43	38
10	45	51	56	59	61	65	64	55	49	42
20	58	66	72	76	78	83	82	71	63	56
30	65	73	80	85	88	93	92	80	72	63
40	68,5	78	86	91	91	100	99	87	78	68
50	72	82	90	96	100	106	105	92	83	73
60	75	85	95	101	104	110	109	97	87	77
80	80	92	101	107	111	117	116	104	94	82
100	84,5	96,5	106	113	117	122	121	109	99	87

Расчет толщины экрана по слоям половинного ослабления. Словем половинного ослабления называется толщина материала, ослабляющая мощность гамма-излучения в 2 раза. Число слоев половинного ослабления в зависимости от необходимой кратности ослабления представлено в таблице 10.

Таблица 10

Расчет слоев половинного ослабления

Кратность ослабления	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
Число слоев половинного	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Пример. Требуется ослабить интенсивность гамма-излучения кобальта-60 в 1000 раз экраном из свинца, для которого один слой половинного ослабления равен 1,8 см.

По таблице 10 находим, что для ослабления интенсивности излучения в 1000 раз требуется 10 слоев половинного ослабления. Следовательно, общая толщина свинцового экрана равна: $1,8 \cdot 10 = 18$ см.

Толщина одного слоя половинного ослабления составляет для свинца – 1,8 см, бетона – 10 см, грунта – 14 см, дерева – 25 см.

5.7.2. Защита при работе с открытыми источниками

Радионуклиды, которые могут загрязнять окружающую среду и попадать внутрь организма с вдыхаемым воздухом, пищей и водой, а также через кожу рук, называются **открытыми**. Это пары, газы, жидкости, порошки. Они, как правило, вызывают **внутреннее облучение организма**. При работе с открытыми источниками возникает опасность внешнего, проникающего излучения и попадания радионуклидов внутрь организма. Возможно загрязнение рук, одежды, оборудования. Опасно загрязнение поверхностей эманлирующими веществами, так как в воздух поступают бета- и гамма-излучатели. Многие строительные материалы (кирпич, бетон, дерево, асфальт) и покрытия (линолеум, метлахская плитка) адсорбируют радионуклиды и плохо поддаются дезактивации.

Для защиты от внешнего излучения открытых источников используются все принципы, применяемые при работе с закрытыми источниками (защита количеством, временем, расстоянием и экраном).

К мерам защиты при работе с открытыми источниками ИИ, исключая возможность поступления радионуклидов в окружающую среду и организм человека, относятся:

1. Организационные мероприятия – организаций трех классов работ в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида при внутреннем облучении и активности нуклида на рабочем месте.

2. Планировочные мероприятия – работы по первому классу могут проводиться в специальных изолированных корпусах, имеющих трехзональную планировку с обязательными санитарным пропускником и шлюзом; работы по второму классу могут проводиться в изолированной части здания, а по третьему классу – в отдельных помещениях, имеющих вытяжной шкаф, т.е. в обычных химических лабораториях.

3. Герметизация оборудования и зон, что достигается правильным санитарно-техническим обустройством лабораторий и рабочих мест, систем вентиляции, водоснабжения и канализации.

4. Максимальная механизация и автоматизация рабочих операций с радионуклидами.

5. Использование несорбирующих материалов для отделки пола, стен, потолка, оборудования (нержавеющая сталь, стекло, полиэтилен, поливинилхлорид и др.).

6. Использование средств индивидуальной защиты – халатов, шапочек, перчаток, фартуков из эластичной пленки, бахил, нарукавников, щитков, респираторов, очков, пневмокостюмов.

7. Строгое соблюдение правил личной гигиены или так называемой радиационной асептики – запрещение хранения на рабочем месте пищевых продуктов и напитков, запрещение курения и использования косметики, соблюдение правил одевания и снятия перчаток, своевременная дозиметрия и дезактивация загрязненных средств индивидуальной защиты и аппаратуры.

5.8. Ситуационные задачи

1. Лаборант имеет 36-часовую рабочую неделю. Его рабочее место находится на расстоянии 1,5 м от источника гамма-излучения. С какой допустимой активностью источника он может работать без защиты?

2. В лаборатории используется источник излучения с активностью 100 мГ/экв радия, рабочее место оператора находится на расстоянии

0,5 м от него. Определить допустимое время пребывания на указанном расстоянии.

3. Источником гамма-излучения является кобальт-60 со средней энергией квантов 1,25 МэВ. Определить толщину свинцового экрана, необходимую для ослабления мощности дозы излучения с 60 до 0,76 мкР/с.

4. Медицинская сестра радиологического отделения в течение 36 часов в неделю работает с препаратами радия активностью 5 мг/экв. Определить допустимое расстояние, на котором можно находиться медицинской сестре указанное время.

5. Рассчитать время, в течение которого можно работать без защитного экрана с источником гамма-излучения активностью 15 мг/экв. Радия на расстоянии 0,5 м.

6. Оператор работает 3 часа в неделю с источником кобальт-60 активностью 120 мг/экв. Определить безопасное расстояние, на котором можно находиться в течение этого времени.

Решение задач

$$1. \quad m = \frac{120 \cdot r^2}{t} = \frac{120 \cdot 1,5^2}{36} = 7,5 \text{ мг/экв Ra.}$$

$$2. \quad t = \frac{120 \cdot r^2}{m} = \frac{120 \cdot 0,5^2}{100} = 0,3 \text{ часа (18 минут) в неделю.}$$

$$3. \quad K = \frac{P}{P_0} = \frac{60}{0,76} = 80 \text{ раз.}$$

По таблице 5 на пересечении линий, соответствующих кратности ослабления 80 и энергии излучения 1,25 МэВ, находим, что необходимая толщина экрана из свинца должна составлять 80 мм.

$$4. \quad r = \sqrt{\frac{m \cdot t}{120}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 36}{120}} = 1,25 \text{ м.}$$

$$5. \quad t = \frac{120 \cdot r^2}{m} = \frac{120 \cdot 0,5^2}{15} = 2 \text{ часа в неделю.}$$

$$6. \quad r = \sqrt{\frac{m \cdot t}{120}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 3}{120}} = 1,75 \text{ м.}$$

5.9. Контрольные вопросы

1. В каком году были открыты рентгеновские лучи ?
2. Чем отличаются изотопы от изобаров ?
3. Какие виды ионизирующих излучений относятся к корпускулярным ?
4. У каких видов ионизирующих излучений наибольшая проникающая способность ?
5. Что характеризует взвешивающий коэффициент излучения ?
6. Чем отличается поглощенная доза от эквивалентной дозы ?
7. Какие органы наиболее чувствительны к воздействию ионизирующего излучения ?
8. Почему ионизирующее излучение неощутимо для организма человека ?
9. Какие радиотоксины образуются в облученном организме ?
10. Какими клиническими симптомами и заболеваниями проявляются детерминированные радиоиндуцированные эффекты ?
11. В чем проявляются стохастические эффекты облучения ?
12. Принципы радиационной безопасности.
13. Принципы защиты при работе с закрытыми источниками ионизирующих излучений.

14. В чем заключается радиационная асептика ?
15. Рентгеновский аппарат относится к открытым или закрытым источникам ионизирующего излучения ?
16. Для каких категорий облучаемых лиц дифференцированы основные пределы доз облучения ?

Тестовые задания

1. РЕСПИРАБЕЛЬНАЯ ФРАКЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ ИМЕЕТ ЧАСТИЦЫ РАЗМЕРОМ (МКМ)

- 1) менее 5
- 2) 5-10
- 3) более 10

2. К РАДИКАЛЬНОМУ МЕРОПРИЯТИЮ ПО БОРЬБЕ С ШУМОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ОТНОСИТСЯ

- 1) использование средств индивидуальной защиты
- 2) использование облицовочных пористых материалов для отделки помещений
- 3) изменение технологического процесса и конструкции механизмов для снижения шума в источнике образования
- 4) планировочные мероприятия

3. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ РАБОТАЮЩИХ С ВРЕДНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ (ВХВ) ЗАВИСИТ ОТ

- 1) концентрации ВХВ в воздухе рабочей зоны
- 2) летучести ВХВ
- 3) растворимости ВХВ
- 4) опасности ВХВ

4. НАИБОЛЕЕ ЧАСТО РАКОМ ЛЕГКОГО ОСЛОЖНЯЕТСЯ СИЛИКАТОЗ

- 1) каолиноз
- 2) асбестоз
- 3) талькоз

5. ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТОЧНОГО ОБЪЕМА АСПИРИРУЕМОГО ВОЗДУХА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЕГО НА СОДЕРЖАНИЕ ПЫЛИ ИЛИ ВХВ ОБЯЗАТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ

- 1) барометрическое давление
- 2) скорость ветра
- 3) влажность абсолютная
- 4) влажность относительная

6. ВЕРХНИЙ ПОРОГ СЛЫШИМОСТИ ЗВУКОВ (ПОРОГ ПЕРЕНОСИМОСТИ, БОЛЕВОЙ ПОРОГ) ПО ЭНЕРГИИ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЕТ В СРЕДНЕМ (ДБ)

- 1) 80
- 2) 100
- 3) 120
- 4) 140
- 5) 160

7. ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ВХВ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА

- 1) электроасpirатора
- 2) люксметра
- 3) анемометра
- 4) универсального газоанализатора

8. НАИМЕНЬШЕЕ РАЗДРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ОКАЗЫВАЕТ ШУМ

- 1) узкополосный
- 2) широкополосный
- 3) прерывистый
- 4) импульсный

9. ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО ОСМОТРА ЛИЦ, РАБОТАЮЩИХ С БЕНЗОЛОМ, ОБЯЗАТЕЛЬНО ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

- 1) мочи
- 2) желчи

3) желудочного сока

4) крови

10. НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ПРИ ПРОНИКНОВЕНИИ В ОРГАНИЗМ ДЕПОНИРУЮТСЯ ВЕЩЕСТВА

1) органические

2) неорганические

3) элементоорганические

11. ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА АУРАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗНИКАЮТ РАНЬШЕ, ЧЕМ ЭКСТРААУРАЛЬНЫЕ

1) верно

2) неверно

12. КАК НАЗЫВАЕТСЯ ШУМ, УРОВЕНЬ КОТОРОГО В ТЕЧЕНИЕ 8-ЧАСОВОГО РАБОЧЕГО ДНЯ ИЗМЕНЯЕТСЯ ВО ВРЕМЕНИ НЕ БОЛЕЕ, ЧЕМ НА 5 ДБ

1) постоянный

2) колеблющийся

3) прерывистый

13. ПРИ НОРМАЛЬНОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СЛИЗИСТЫХ ОБОЛОЧЕК ВЕРХНИХ И СРЕДНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ В НИХ ЗАДЕРЖИВАЕТСЯ ВДЫХАЕМАЯ ПЫЛЬ (%)

1) 10-30

2) 30-50

3) 50-90

14. ФИБРОГЕННОСТЬ ПЫЛИ ЗАВИСИТ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В ЕЁ СОСТАВЕ ДВУОКИСИ КРЕМНЯ

1) свободной

2) связанной

15. КАКОЙ ВИТАМИН ДОЛЖНЫ ПОЛУЧАТЬ РАБОТАЮЩИЕ В ШУМНЫХ ЦЕХАХ

1) V_1

2) V_2

3) V_6

16. К КАКОЙ ГРУППЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛЬЮ ОТНОСИТСЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

1) технологическим

2) законодательным

3) санитарно-техническим

17. СТРУКТУРНЫЙ ШУМ ВОЗНИКАЕТ ПРИ

1) течении жидкостей

2) движении газов

3) трении, скольжении твердых тел

4) распространении ударного шума по конструкциям здания

18. СЛУХОВОЙ АНАЛИЗАТОР ЧЕЛОВЕКА НАИБОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЕН К ЗВУКАМ С ЧАСТОТОЙ (ГЦ)

1) 400-1000

2) 1000-4000

3) 4000-8000

19. КАКОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ХАРАКТЕРИЗУЕТ ОПАСНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ БЫСТРОГО И ДАЖЕ СМЕРТЕЛЬНОГО ОТРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ

1) коэффициент распределения

2) коэффициент запаса

3) коэффициент аэрации

20. К ГРУППЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНО ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ОТНОСЯТ

1) вещества, вызывающие угнетение костного мозга, гемолитики

- 2) вещества, разрушающие слизистую оболочку глаз, верхних дыхательных путей
- 3) бластомогенные, мутагенные, эмбриотропные вещества

21. ЗНАЧИТЕЛЬНОМУ ВОЗРАСТАНИЮ ОПАСНОСТИ ОТРАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ЧЕРЕЗ КОЖУ СПОСОБСТВУЕТ

- 1) их высокая токсичность и хорошая водо- и жирорастворимость
- 2) их высокая токсичность и температура кожи
- 3) pH кожи и степень её гидратации

22. ПРИ ДЕПОНИРОВАНИИ ЛИПИДОРАСТВОРИМЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НАИБОЛЬШЕЙ ЁМКОСТЬЮ ОБЛАДАЕТ

- 1) костная ткань
- 2) костный мозг
- 3) кровь

23. ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДА НА ОРГАНИЗМ ПРОИСХОДИТ

- 1) только при воздействии его минимального количества
- 2) только при экспозиции высоких доз и длительности воздействия
- 3) как при воздействии минимального количества, так и при экспозиции высоких доз и длительности воздействия

24. К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МЕРОПРИЯТИЯМ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ ОТНОСИТСЯ

- 1) устройство механической вытяжной вентиляции
- 2) рациональная организация условий труда и отдыха работающих
- 3) применение дистанционного управления технологическим процессом

25. НАИБОЛЕЕ ИНТЕНСИВНО АБСОРБЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРОИСХОДИТ В

- 1) ротовой полости
- 2) тонком кишечнике
- 3) толстом кишечнике
- 4) желудке

26. МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ВСЕГДА ПРИВОДИТ К ОБРАЗОВАНИЮ МЕНЕЕ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

- 1) верно
- 2) неверно

27. СПЕЦИФИЧЕСКОЕ УГНЕТЕНИЕ СИСТЕМЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ ХАРАКТЕРНО ДЛЯ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- 1) бензола
- 2) окиси углерода
- 3) бензина

28. УТОМЛЕНИЕ НАСТУПАЕТ РАНЬШЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ

- 1) статической работы
- 2) динамической положительной работы
- 3) динамической отрицательной работы

29. ПЕРИОД УСТОЙЧИВОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

- 1) продолжительнее во второй половине дня
- 2) короче во второй половине дня
- 3) имеет одинаковую продолжительность и в первой и во второй половине дня

30. ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ – ЭТО

- 1) функциональное состояние, сопровождающееся чувством усталости, снижением работоспособности, вызванное интенсивной или длительной деятельностью и

прекращающееся к началу следующего трудового периода

2) нормальная физиологическая корковая защитная реакция, проявляющаяся в ограничении работоспособности

3) состояние, сопровождающееся чувством усталости, снижением работоспособности, не проходящее к началу следующего трудового периода, приводящее к появлению соматических и профессиональных заболеваний

31. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦНС ПРОВОДЯТ МЕТОДОМ

1) динамометрии

2) хронорефлексометрии

3) эргометрии

32. БОЛЕЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЯВЛЯЕТСЯ

1) сила (максимальное мышечное усилие)

2) выносливость

33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЧСМ ПРИМЕНЯЮТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

1) мышечной системы

2) центральной нервной системы

3) сердечно-сосудистой системы

34. КОРРЕКТУРНАЯ ПРОБА ПРИМЕНЯЕТСЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1) внимания

2) памяти

3) состояния зрительного анализатора

35. ЭРГОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ТЯЖЕСТИ ТРУДА ЯВЛЯЕТСЯ

1) число объектов одновременного наблюдения

2) степень ответственности

3) физическая динамическая нагрузка

36. НАПРЯЖЕННОСТЬ ТРУДА ОЦЕНИВАЕТСЯ ПО

1) фактической продолжительности рабочего дня

2) статической нагрузке

3) динамической нагрузке

37. ПРИ УМСТВЕННОМ НАПРЯЖЕННОМ ТРУДЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫ ПЕРЕРЫВЫ

1) частые, продолжительностью 5-10 мин

2) редкие, продолжительностью до 1 часа

3) по 15-20 мин, чередующиеся с работой такой же продолжительности

38. В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ ЗА ЕДИНИЦУ РАДИОАКТИВНОСТИ ПРИНЯТ

1) Зиверт

2) Грей

3) Беккерель

39. К ФОТОННОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ ОТНОСИТСЯ

1) альфа-излучение

2) нейтронное

3) рентгеновское

40. НАИБОЛЬШЕЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ОБЛАДАЕТ

1) альфа-излучение

2) бета-излучение

3) гамма-излучение

41. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЮТ ПРИ РАСЧЕТЕ

1) поглощенной дозы облучения

2) эквивалентной дозы облучения

3) экспозиционной дозы

42. НАИБОЛЕЕ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНЫ СЛЕДУЮЩИЕ ГРУППЫ КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

- 1) кожа, кости, кисти, предплечья, лодыжки, стопы
- 2) мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки
- 3) половые железы, красный костный мозг

43. СРЕДНЯЯ ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ (МЗВ В ГОД)

- 1) 2
- 2) 20
- 3) 200

44. МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА (ГРУППА А) НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ (МЗВ В ГОД)

- 1) 50
- 2) 100
- 3) 300

45. РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ ОТНОСИТСЯ К

- 1) открытым источникам ионизирующего излучения
- 2) закрытым источникам непрерывного действия
- 3) закрытым источникам прерывистого действия

46. ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЮТ

- 1) свинец
- 2) парафин
- 3) алюминий

47. ВНУТРЕННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ ОРГАНИЗМА ВОЗМОЖНО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

- 1) открытых источников ионизирующего излучения
- 2) закрытых источников непрерывного действия
- 3) закрытых источников прерывистого действия

48. ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА ПРИ РАБОТЕ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНА

- 1) защита временем
- 2) защита экраном
- 3) соблюдение радиационной асептики

49. ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫ

- 1) альфа-излучатели
- 2) бета-излучатели
- 3) гамма-излучатели

50. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ РАДИОИНДУЦИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРОЯВЛЯЮТСЯ

- 1) в сокращении продолжительности жизни облученных
- 2) в развитии злокачественных новообразований
- 3) в развитии лучевой болезни

Ответы на тестовые задания

1. 1)	14. 1)	27. 1)	40. 3)
2. 3)	15. 1)	28. 1)	41. 2)
3. 4)	16. 3)	29. 2)	42. 3)
4. 2)	17. 4)	30. 3)	43. 1)
5. 1)	18. 2)	31. 2)	44. 1)
6. 4)	19. 1)	32. 2)	45. 3)
7. 4)	20. 3)	33. 2)	46. 3)
8. 2)	21. 1)	34. 1)	47. 1)
9. 4)	22. 2)	35. 3)	48. 3)
10. 2)	23. 3)	36. 1)	49. 1)
11. 2)	24. 3)	37. 1)	50. 3)

12. 1)	25. 2)	38. 3)	
13. 3)	26. 2)	39. 3)	

Список рекомендуемой литературы

Основная:

1. Измеров Н.Ф., Кириллов В.Ф. Гигиена труда. – М.: ГОЭТАР-Медиа, 2007. – С. 159-201, 259-277, 353-445.
2. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. Ростов-н/Д: Феникс, 2002. -С.336-348.
3. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена. – М.: Медицина, 1999. – С. 122-135.

Дополнительная:

1. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. – М.: Медицина, 2003. – С. 202-289.
2. Военно-морская и радиационная гигиена. Под ред. Гребенькова С.В. - Т.П. – СПб.: «ЛИО Редактор», 1999. – С. 6- 27.
3. Общая гигиена: пропедевтика гигиены. /Е.И.Гончарук, Ю.И.Кундиев, В.Г.Бардов и др. – Киев.: Вища школа. – 1999. – С. 308-333.
4. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Человек и шум. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – с. 384.
6. Приказ № 90 Минздравмедпрома России от 14.03.96 г. «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии».
7. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
8. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума. СНиП 23-03-2003.

9. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.95 г.
10. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г.
11. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09.
12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) СП 276.1.799-99.
13. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006.05.

ПЕРЕЧЕНЬ**общих медицинских противопоказаний к допуску на работу, связанную с опасными, вредными веществами и неблагоприятными производственными факторами**

1. Врожденные аномалии органов с выраженной недостаточностью их функций.
2. Органические заболевания центральной нервной системы со стойкими выраженными нарушениями функций.
3. Эпилепсия с частыми приступами и изменением личности.
4. Болезни эндокринной системы с выраженными нарушениями функций.
5. Злокачественные новообразования.
6. Выраженные формы болезней крови и кроветворных органов.
7. Гипертоническая болезнь II-III стадии.
8. Болезни сердца с недостаточностью кровообращения.
9. Хронические болезни легких с выраженной легочно-сердечной недостаточностью, склонностью к кровотечениям.
10. Бронхиальная астма тяжелого течения с выраженными функциональными нарушениями дыхания и кровообращения вне приступов.
11. Активные формы туберкулеза любой локализации.
12. Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки с хроническим рецидивирующим течением и склонностью к кровотечениям.
13. Циррозы печени и активные хронические гепатиты.
14. Хронические болезни почек с явлениями почечной недостаточности.
15. Болезни соединительной ткани.
16. Болезни нервно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата со стойкими нарушениями функций, мешающими выполнению обязанностей по профессии.
17. Беременность и период лактации.
18. Привычное невынашивание беременности и аномалии плода в анамнезе у женщин, планирующих деторождение.
19. Нарушения менструальной функции, сопровождающиеся маточными кровотечениями (кроме работ, связанных с напряжением зрения).
20. Глаукома декомпенсированная.

Приложение 2

Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Показатели тяжести трудового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный (легкая физи- ческая наг- рузка)	Допустимый (средняя фи- зическая нагрузка)	Вредный тяжелый труд	
			1 степени	2 степени
	1	2	3.1	3.2
1. Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг х м)				
1.1. При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м: для мужчин для женщин	до 2500 до 1500	до 5000 до 3000	до 7000 до 4000	более 7000 более 4000
1.2. При общей нагрузке с участием мышц рук, корпуса, ног):				
1.2.1. При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м: для мужчин для женщин	до 12500 до 7500	до 25000 до 15000	до 35000 до 25000	более 35000 более 25000
1.2.2. При перемещении груза на расстояние более 5 м: для мужчин для женщин	до 24000 до 14000	до 46000 до 28000	до 70000 до 40000	более 70000 более 40000
2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг)				
2.1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час): для мужчин для женщин	до 15 до 5	до 30 до 10	до 35 до 12	более 35 более 12
2.2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены: для мужчин для женщин	до 5 до 3	до 30 до 10	до 20 до 10	более 20 более 10
2.3. Суммарная масса				

грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены:				
2.3.1. С рабочей поверхности: для мужчин для женщин	до 250 до 100	до 870 до 350	до 1500 до 700	более 1500 более 700
2.3.2. С пола: для мужчин для женщин	до 100 до 50	до 435 до 175	до 600 до 350	более 600 более 350
3. Стереотипные рабочие движения (количество за смену)				
3.1. При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук)	до 20000	до 40000	до 60000	более 60000
3.2. При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	до 10000	до 20000	до 30000	более 30000
4. Статическая нагрузка - величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий (кгс x с)				
4.1. Одной рукой: для мужчин для женщин	до 18000 до 11000	до 36000 до 22000	до 70000 до 42000	более 70000 более 42000
4.2. Двумя руками: для мужчин для женщин	до 36000 до 22000	до 70000 до 42000	до 140000 до 84000	более 140000 более 24000
4.3. С участием мышц корпуса и ног: для мужчин для женщин	до 43000 до 26000	до 100000 до 60000	до 200000 до 120000	более 200000 более 120000
5. Рабочая поза				
5.1. Рабочая поза	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены	Периодическое до 25% времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе (невозможность изменения взаимного расположения различных частей тела от-	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25% времени смены. Нахождение в позе стоя до 80% времени смены	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25% времени смены. Нахождение в позе стоя до 80% времени смены

		носительно друг друга). Нахождение в позе стоя до 60% времени смены		
6. Наклоны корпуса				
Наклоны корпуса (вынужденные более 30°), количество за смену	до 50	51-100	101-300	свыше 300
7. Перемещения в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км				
7.1. По горизонтали	до 4	до 8	до 12	более 12
7.2. По вертикали	до 1	до 2,5	до 5	более 5

**Классы условий труда
по показателям напряжённости трудового процесса**

Показатели напряженности трудового процесса	Класс условий труда			
	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	Напряженность труда легкой степени	Напряженность труда средней степени	Напряженный труд	
			1 степени	2 степени
1	2	3.1	3.2	
1. Интеллектуальные нагрузки:				
1.1. Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях
1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности
1.3. Распределение функций по степени сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам
1.4. Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат

2. Сенсорные нагрузки				
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	до 25	26-50	51-75	более 75
2.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	до 75	76-175	176-300	более 300
2.3. Число производственных объектов одновременного наблюдения	до 5	6-10	11-25	более 25
2.4. Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м) в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	более 5 мм - 100%	5-1,1 мм - более 50%; 1-0,3 мм - до 50%; менее 0,3 мм - до 25%	1-0,3 мм - более 50%; менее 0,3 мм - 26 - 50%	менее 0,3 мм - более 50%
2.5. Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т. п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	до 25	26-50	51-75	более 75
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену): при буквенно-цифровом типе отображения информации: при графическом типе отображения информации:	до 2	до 3	до 4	более 4
	до 3	до 5	до 6	более 6
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90%. Помехи отсутствуют	Разборчивость слов и сигналов от 90 до 70%. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии	Разборчивость слов и сигналов от 70 до 50%. Имеются помехи, на фоне которых речь	Разборчивость слов и сигналов менее 50%. Имеются помехи, на фоне которых речь

		до 3,5 м	слышна на расстоянии до 2 м	слышна на расстоянии до 1,5 м
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	до 16	до 20	до 25	более 25
3. Эмоциональные нагрузки				
3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т. п.)	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т. п.)	Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и может возникнуть опасность для жизни
3.2. Степень риска для собственной жизни	Исключена			Вероятна
3.3. Степень ответственности за безопасность других лиц	Исключена			Возможна
3.4. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью, за смену	Отсутствуют	1-3	4-8	Более 8
4. Монотонность нагрузок				
4.1. Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	более 10	9-6	5-3	менее 3
4.2. Продолжительность (в сек.) выполнения простых заданий или повто-	более 100	100-25	24-10	менее 10

ряющихся операций				
4.3. Время активных действий (в % к продолжительности смены). В остальное время - наблюдение за ходом производственного процесса	20 и более	19-10	9-5	менее 5
4.4. Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом тех-процесса в % от времени смены)	менее 75	76-80	81-90	более 90
5. Режим работы				
5.1. Фактическая продолжительность рабочего дня	6-7 ч	8-9 ч	10-12 ч	более 12 ч
5.2. Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Трёхсменная работа (работа в ночную смену)	Нерегулярная сменность с работой в ночное время
5.3. Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность	Перерывы регламентированы, достаточной продолжительности: 7% и более рабочего времени	Перерывы регламентированы, недостаточной продолжительности: от 3 до 7% рабочего времени	Перерывы не регламентированы и недостаточной продолжительности: до 3% рабочего времени	Перерывы отсутствуют

Содержание

ТЕМА 1. ПЫЛЬ КАК ВРЕДНЫЙ ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ; МЕТОДИКА ГИГИЕНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ	3
1.1. Теоретическая часть	3
1.1.1. Понятие и классификация производственной пыли	4
1.1.2. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли	5
1.1.3. Влияние пыли на организм	10
1.1.4. Профессиональные пылевые заболевания органов дыхания	12
1.1.5. Профилактика пылевых заболеваний	14
1.1.6. Методика гигиенического исследования и оценки производственной пыли	17
1.1.7. Методы исследования пыли	19
1.2. Практическая часть	25
1.2.1. Ситуационные задачи	25
1.2.2. Контрольные вопросы	25
ТЕМА 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЯДЫ. ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОТРАВЛЕНИЙ	27
2.1. Актуальность темы	27
2.2. Основные токсико-химические понятия и термины	28
2.3. Классификация производственных ядов	30
2.4. Пути поступления производственных ядов в организм	30
2.5. Распределение химических веществ в организме	34
2.5.1. Депонирование ядов	35
2.5.2. Превращение химических веществ в организме	36
2.5.3. Выведение химических веществ из организма	37
2.6. Зависимость токсического действия веществ от химической структуры	40
2.7. Избирательное действие производственных ядов	42
2.8. Отдаленные последствия влияния ядов на организм	45
2.9. Виды действия производственных ядов	48
2.10. Сочетанное действие химических и физических факторов	49
2.11. Факторы, влияющие на токсическое действие химических веществ	50
2.12. Адаптация к ядам	52
2.13. Острые, подострые и хронические формы интоксикации	54
2.14. Профилактика вредного воздействия химических веществ на организм	56
2.15. Особенности и принципы гигиенического нормирования вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	58
2.15.1. Определение вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны: общие принципы и методы	60

2.15.2. Методы санитарно-химического анализа проб воздуха	64
2.16. Экспрессные методы определения ВХВ; приборы	66
2.17. Самостоятельная работа студентов	69
2.17.1. Ситуационные задачи	69
2.17.2. Контрольные вопросы	70
ТЕМА 3. ШУМ КАК ВРЕДНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ФАКТОР	72
3.1 Теоретическая часть	72
3.1.1. Определение понятия «шум»	73
3.1.2. Механизм образования шума	74
3.1.3. Основные акустические понятия и единицы	75
3.1.4. Классификация шума	78
3.1.5. Влияние шума на организм человека	79
3.1.6. Гигиеническая оценка шума	82
3.1.7. Измерение и анализ производственного шума	82
3.1.8. Прибор «Шум-1М»	88
3.1.9. Мероприятия по борьбе с шумом на производстве	89
3.2. Самостоятельная работа студентов	94
3.2.1. Контрольные вопросы	96
ТЕМА 4. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА	97
4.1. Теоретическая часть	97
4.1.1. Основные понятия физиологии труда	98
4.1.2. Основные формы трудовой деятельности	99
4.1.3. Функциональные изменения, происходящие в организме человека при физическом и умственном труде	102
4.1.4. Методы исследования физиологических функций при оценке работоспособности и степени утомления	109
4.1.5. Оценка работы по степени тяжести и напряженности	115
4.1.6. Профилактика утомления	125
4.2. Практическая часть	127
4.2.1. Контрольные вопросы	130
ТЕМА 5. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ	132
5.1. Основные понятия радиационной гигиены	132
5.2. Виды ионизирующих излучений	135
5.2.1. Корпускулярное излучение	136
5.2.2. Фотонное излучение	138
5.3. Доза излучения и единицы её измерения	139
5.4. Основные источники облучения человека	142
5.4.1. Природные источники ионизирующих излучений	142
5.4.2. Техногенные источники ионизирующих излучений	144
5.4.3. Облучение в медицинских целях	146
5.5. Биологическое действие ионизирующей радиации	149
5.5.1. Факторы, влияющие на действие ионизирующего излучения на организм	150

5.5.2. Виды радиоиндуцированных эффектов	152
5.6. Гигиеническое нормирование воздействия ионизирующих излучений	154
5.7. Принципы защиты от ионизирующего излучения	157
5.7.1. Принципы защиты при работе с закрытыми источниками	158
5.7.2. Защита при работе с открытыми источниками	165
5.8. Ситуационные задачи	166
5.9. Контрольные вопросы	168
Тестовые задания	170
Ответы на тестовые задания	179
Список рекомендуемой литературы	180
Приложение 1. Перечень общих медицинских противопоказаний к допуску на работу, связанную с опасными, вредными веществами и неблагоприятными производственными факторами	182
Приложение 2. Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса	183
Приложение 3. Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса	186
Содержание	190