**Введение**

Пары, газы, жидкости, аэрозоли, химические соединения, смеси при контакте с организмом человека могут вызывать изменения в состоянии здоровья или заболевания. Воздействие вредных веществ на человека может сопровождаться отравлениями и травмами.

В настоящее время известно более 7 млн. химических веществ и соединений, из которых в современном производстве находят применение около 60 тысяч, большинство их синтезировано человеком и не встречаются в природе.

К химически опасным и вредным производственным факторам относятся:

* пыль;
* токсичные и ядовитые газы;
* токсичные и ядовитые жидкости.

К химически негативным факторам производственной среды относятся:

- **загазованность рабочей зоны**, источниками которой являются утечки токсичных и вредных газов из негерметичного оборудования и емкостей, испарения из открытых емкостей при проливах, выбросы вредных газов при разгерметизации оборудования, выделение вредных газов при обработке материалов, окраска распылением, сушка окрашенных поверхностей, ванны гальванической обработки и др.

- **запыленность рабочей зоны**, источниками которой является обработка материалов абразивным инструментом (заточка, шлифование и т.д.), сварка, газовая и плазменная резка, переработка сыпучих материалов, участки выбивки и очистки отливок, обработки хрупких материалов, пайка свинцовыми припоями, пайка бериллия с припоями, содержащими бериллий, участки дробления и разлома материалов, пневмотранспорт сыпучих материалов и т.д.

- **попадание ядов на кожные покровы и слизистые оболочки**, источниками которых являются заполнение емкостей, распыление жидкостей, опрыскивание, окраска, гальваническое производство, травление.

- **попадание ядов в желудочно-кишечный тракт человека**, источниками являются ошибки при использовании ядовитых жидкостей.

Изучение потенциальной опасности вредного воздействия химических веществ на живые организмы является предметом химикобиологической науки - ***токсикологии.*** Токсикология изучает механизмы токсического действия химических веществ, диагностику, профилактику и лечение отравлений. Вредное вещество, т.е. химический элемент или соединение, вызывающее заболевание организма, является центральным понятием токсикологии. Область токсикологии, изучающая действие на человека вредных веществ называют ***промышленной токсикологией****.*

В промышленности вредные вещества находятся в газообразном, жидком и твердом состояниях. Они способны проникать в организм человека через органы дыхания, пищеварения или кожу. Вредное действие химических веществ определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, количество попавшего в организм – доза или концентрация – сочетание вредных веществ, находящихся в организме), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

**1. Классификация вредных химических веществ в зависимости от их практического использования**

Химические вещества в зависимости от их практического использования классифицируются на:

* *промышленные яды* – используемые в производстве органические растворители (например, пропан, бутан), красители (например, анилин) и др.;
* *ядохимикаты* – используемые в сельском хозяйстве пестициды и др.;
* *лекарственные средства*;
* *бытовые химикаты* – применение в виде пищевых добавок (например, уксус), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т.д.;
* *биологические растительные и животные яды*, которые содержатся в растениях, грибах, у животных и насекомых;
* *отравляющие вещества (ОВ)* – зарин, иприт, фосген и др.

В организм человек вредные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы. Основным же путем проникновения вредных веществ в организм являются органы дыхания.

**2.Классификация вредных веществ по характеру воздействия на человека**

По характеру воздействия на организм человека химические вещества подразделяются на:

* ***Общетоксические химические вещества*** (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода), которые вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушают структуру ферментов, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином.
* ***Раздражающие вещества*** (хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота и др.) воздействуют на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути.
* ***Сенсибилизирующие вещества*** (органические азокрасители, диметиламиноазобензол и другие антибиотики) повышают чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводят к аллергическим заболеваниям
* ***Канцерогенные вещества*** (бенз(а)пирен, асбест, нитроазосоединения, ароматические амины и д.р.) вызывают развитие всех раковых заболеваний. Этот процесс может быть отдален от момента воздействия вещества на годы и даже десятилетия.
* ***Мутагенные вещества*** (этиленамин, окись этилена, хлорированные углеводороды, соединения свинца и ртути и д.р.) оказывают воздействие на неполовые (соматические) клетки, входящие в состав всех органов и тканей человека, а также на половые клетки (гаметы). Воздействие мутагенных веществ на соматические клетки вызывают изменения в генотипе человека, контактирующего с этими веществами. Они обнаруживаются в отдаленном периоде жизни и проявляются в преждевременном старении, повышении общей заболеваемости, злокачественных новообразований. При воздействии на половые клетки мутагенное влияние сказывается на последующее поколение, иногда в очень отдаленные сроки.
* Химические вещества, влияющие на ***репродуктивную функцию*** человека (борная кислота, аммиак, многие химические вещества в больших количествах), вызывают возникновение врожденных пороков развития и отклонений от нормальной структуры у потомства, влияют на развитие плода в матке, послеродовое развитие и здоровье потомства.

Три последних вида вредных веществ (мутагенные, канцерогенные, и влияющие на репродуктивную способность) характеризуются отдаленными последствиями их влияния на организм. Их действие проявляется не в период воздействия и не сразу после его окончания. А в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия.

**3.Биологическое действие химических веществ на организм человека**

Биологическое действие химических веществ на организм человека изменяет его гомеостаз (относительное постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма), т.е. способность организма к авторегуляции при изменении окружающей среды. Авторегуляцию биологической системы следует рассматривать как регуляцию динамического состояния открытой системы, подверженной биологическому ритму. При этом гомеостаз включает в себя не только динамическое постоянство биологического объекта, но и устойчивость его основных биологических функций. А воздействие вредного вещества может вызывать не только изменение определенных параметров биологического объекта, но и повреждение систем регулирования гомеостаза, т.е. нарушение последнего. Для сохранения гомеостаза в условиях разнообразных химических воздействий в процессе эволюции выработалась специальная система биохимической детоксикации. При относительно малых воздействиях вредных веществ нарушение гомеостаза не происходит ( рис.1).

Рис.1. Схема гомеостаза

Y – какое либо свойство биологического объекта; Х – концентрация или доза вредного вещества, характеризующаяся его воздействием на биологический объект; ХБ – безопасный уровень воздействия вещества

Область Х1-X2- эта область гомеостаза. Часть этой области с относительной постоянной функцией называется ***гомеостатическим плато.*** Оно, как правило, более выпукло у биологических объектов низшего иерархического уровня. Кроме, того это плато в действительности представляет собой несколько «размытую» область, так как оптимальные параметры биологического объекта (Y) не строго постоянны во времени, а колеблются в определенных пределах. Вне области Х1-Х2 значение Х0 – это значение Х, характерное для нормального функционирования объекта. Значения Х1 и Х2 называются ***критическими*** (пороговыми) значениями Х. область гомеостаза – это область отрицательной обратной связи, так как организм работает в сторону возвращения системы в исходное (стационарное) состояние. При сильных нарушениях гомеостаза объект может перейти в область положительной обратной связи, когда изменения, вызванные воздействием вредных веществ, могут стать необратимыми, и объект все дальше и дальше будет отклоняться от стационарного состояния.

Изучение биологического действия химических веществ на человека показывает, что вредное их воздействие всегда начинается с определенной пороговой концентрации.

**4. Показатели веществ по степени опасности**

Для количественной оценки вредного воздействия на человека химического вещества в промышленной токсикологии используются показатели, характеризующие степень его токсичности.

*Средняя смертельная концентрация в воздухе ЛК50* (мг/м3) ***–*** концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии на мышей или крыс.

*Средняя смертельная доза при нанесении на кожу ЛК50* (мг/кг – миллиграмм вредного на кг массы животного) *–* доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу.

*Средняя смертельная доза ДЛ50* (мг/кг) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

Порог хронического действия Limcr – минимальная (пороговая) концентрация вредного вещества, вызывающего вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев.

Порог острого действия Limас – минимальная (пороговая) концентрация вредного вещества, вызывающая изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона острого действия Zас – отношение среднесмертельной концентрации (ЛК50 к порогу острого действия Limас)

Zас = ЛК50/Limас.

Это отношение показывает размах концентрации, оказывающих действие на организм при однократном поступлении, от начальных до крайних, влияющих наиболее неблагоприятно.

Зона хронического действия Zcr – отношение порога острого действия Limас к порогу хронического действия Limcr.

Z = Limас/Limcr.

Это соотношение показывает, насколько велик разрыв между концентрациями, вызывающими начальные явления интоксикации при однократном и длительном поступлении в организм. Чем меньше зона острого действия, тем опаснее вещество, поскольку даже небольшое превышение пороговой концентрации может вызвать смертельный исход. Чем шире зона хронического действия, тем опаснее вещество, так как концентрации, оказывающие хроническое действие, значительно меньше вызывающих острое отравление.

Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально достигаемой концентрации вредного вещества в воздухе при 200С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДКр.з – такая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течении всего рабочего стажа не может вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДКр.з устанавливается на ровне 2-3 раза и ниже, чем порог хронического действия Limcr. Такое снижение называется коэффициентом запаса (*К3).* Взаимосвязь токсикологических параметров химического вещества представлена на рис. 2.

Рис.2. Зависимость биологического действия химических веществ от токсикологических показателей

Количественные значения токсикологических параметров химических веществ в национальной системе стандартов безопасности труда представлены в таблице 1.

Согласно ГОСТ 12.1.007 – 76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1. чрезвычайно опасные;
2. высоко опасные;
3. умеренно опасные;
4. малоопасные.

Отнесение вредного вещества к классу опасности производится по показателю таб.1, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таблица 1. Классы опасности вредных веществ

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей | Классы опасностей |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/кгСредняя смертельная доза ДЛ50 при введении в желудок, мг/кгСредняя смертельная доза при нанесении на кожу ЛД50 мг/кгСредняя смертельная концентрация ЛК50 в воздухе, мг/м3Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)Зона острого действияЗона хронического действия | менее 0,1» 15» 100» 500более 300менее 6,0более 10,0 | 0,1…1,015…150100…500500…50000300…306,0…18,010,0…5,0 | 1,0…10,0151…5000501…25005001..5000029…318,1…54,04,9…2,5 | более 10,0» 5000» 2500» 50000менее 3более 54,0менее 2,5 |

**5. Оценка токсичности применяемых в производстве химических веществ**

Государственный стандарт устанавливает токсикологические параметры только для 2000 химических веществ, для которых были проведены комплексные токсиколого-гигиенические исследования. Но в промышленности используется гораздо больше химических веществ и для обеспечения безопасности труда работников необходима по меньшей мере оценка токсичности (вредного воздействия) применяемых в производстве химических веществ. Для такой оценки специалистами в области промышленной токсикологии предложены несколько формул, расчеты которые дают хорошее приближение к действительным значениям ПДКр.з.

Производить расчет по формулам можно лишь для тех химических веществ, приведенные физико-химические константы которых укладываются в определенные пределы: молярная масса *М* (кг∙моль-1) – от 30 до 300; плотность p (кг∙м-3) – от 0,6 до 2,0; температура кипения tкип (0С) – от -100 до +300; температура плавления tпл (0С) – от -190 до +180; показатель преломления nр – от 1,3 до 1,6. Ниже приведены уравнения, используемые для расчета значений ПДКр.з.,мг/м3:

lg ПДКр.з. =14,2 – 10np +ln*M*;

lg ПДКр.з. = lg*M* – 0,012tпл – 1,2;

lg ПДКр.з. = 0,4 – 0,01*М* + lg*M*;

lg ПДКр.з. = 0,6 – 0,01tкип + lg*M*;

lg ПДКр.з. = 1,6 – 2,2 + lg*M*.

Формулы, которые используют для расчета ПДКр.з. (мг/м3) конкретных вредных веществ, указаны ниже.

Для паров и газов органической жидкости:

lg ПДКр.з. = 0,911gлк50 + 0,1 + lg*M*;

lg ПДКр.з. = lgЛД50 – 2,0 + lg*M.*

Для аэрозолей нелетучих и мало-летучих органических и элементоорганических веществ:

lg ПДКр.з. = lgЛД50 – 3,1 + lg*M.*

Для газов и паров неорганических веществ:

lg ПДКр.з. = lgЛД50 + 0,4 + lg*M.*

Для аэрозолей металлов и их оксидов:

lg ПДКр.з. = 0,8 lgЛД50 – 3 + lg*M* – lg*N*,

где *N* - число атомов металла в молекуле вещества.

**6. Воздействие аэрозолей**

Приведенная выше классификация вредных веществ по характеру воздействия не учитывает большой группы веществ – аэрозолей (пыли), не обладающих выраженной токсичностью. Для этих веществ характерен ***фиброгенный эффект*** действия на организм. Аэрозоли угля, кокса, сажи, алмазов, пыли животного и растительного происхождения, силикат и кремнийсодержащие пыли, аэрозоли металлов, попадая в органы дыхания вызывают повреждение слизистой оболочки верхних дыхательных путей и, задерживаясь в легких, вызывают воспаление (фиброзу) легочной ткани. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей -***пневмокониозы***. Пневмокониозы различаются на:

* *силикозы* – развиваются при действии пыли свободного диоксида кремния;
* *силикатозы* – развиваются при действии аэрозолей солей кремниевой кислоты;
* *разновидности силикатоза:* асбестоз (асбестовая пыль), цементоз (цементная пыль), талькоз (пыль талька);
* *металлокониозы* - развиваются при вдыхании металлической пыли, например бериллиевой (бериллиоз);
* *карбокониозы,* например антраноз, возникающий при вдыхании угольной пыли.

Результатом вдыхания человеком пыли является пневмосклерозы, хронические пылевые бронхиты, пневмонии, туберкулезы. Рак легких.

Наличие аэрозолей фиброгенного эффекта не исключает их общетоксического воздействия. К ядовитым пылям относятся аэрозоли ДДТ, свинца, бериллия, мышьяка и др. При попадании их в органы дыхания, помимо изменений в верхних дыхательных путях и легких, развивается острое и хроническое отравление.

**7. Комбинированное и комплексное действие химических веществ**

На производстве работа, как правило, проводится с несколькими химическими веществами (рис.3). При этом работник может подвергаться воздействию негативных факторов другой природы (физических – шуму, вибрации, электромагнитным и ионизирующим излучениям). При этом возникает эффект *сочетанного* (при одновременном действии негативных факторов различной природы) или *комбинированного* (при одновременном действии нескольких химических веществ) действия химических веществ.

Рис.3. Характеристики эффекта воздействия вредного вещества на организм человека

***Комбинированное действие*** - это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути их поступления в организм. Различают несколько типов комбинированного действия в зависимости от эффектов токсичности:

1. ***суммация*** (аддитивное действие, аддитивность) – суммарный эффект действия смеси равен сумме эффектов входящих в смесь компонентов. Суммация характерна для веществ однонаправленного действия, когда вещества оказывают одинаковое воздействие на одни и те же системы организма (например, смеси углеводородов);
2. ***потенцирование*** (синергетическое действие, синергизм) – вещества действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект синергизма больше аддитивного. Например, никель усиливает свою токсичность в присутствии медистых стоков в 10 раз, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином;
3. ***антагонизм*** (антагонистическое действие) – эффект меньше аддитивного. Одно вещество ослабляет действие другого. Например, эзерин значительно снижает действие антропина, является его противоядием;
4. ***независимость***(независимое действие) – эффект не отличается от изолированного действия каждого из веществ. Независимость характерна для веществ разнонаправленного действия, когда вещества оказывают различное влияние на организм и воздействуют на различные органы. Например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыль действуют независимо.

Наряду с комбинированным действием веществ необходимо выделить ***комплексное действие***. При комплексном действии вредные вещества поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и кожу, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт и т.д.).

**8. Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

Преимущественным путем поступление вредных веществ в организм человека в производственных условиях является поступление с вдыхаемым воздухом.

Токсичность вредных веществ определяется прежде всего концентрацией в воздухе рабочей зоны. Поэтому на содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны устанавливаются предельно допустимые значения – **предельно допустимые концентрации (ПДКрз).** Значения ПДКрз определены в нормативных документах – государственных стандартах (ГОСТ 12.1.005- 88) и государственных нормативах (ГН 2.2.5.686-98) практически для всех известных и применяемых в промышленности веществ. ПДК измеряются в мг/м3.

Если в воздухе рабочей зоны находится несколько веществ, обладающих *независимым действием*, то концентрация Сi каждого не должна превышать установленное для него значение ПДКрз:

Сi ≤ ПДКрз.

Если в воздухе рабочей зоны находится *n* веществ, обладающих *суммацией* действия, то сумма отношений концентрации Сi каждого вещества к его ПДКрзi не должна быть больше единицы:

.

Если в воздухе рабочей зоны находится *n* веществ, обладающих *синергизмом* и *антагонизмом* действия, то должно выполняться условие

,

где Хi – поправка, учитывающая усиление или ослабление действия вещества, Сi – фактические концентрации химических веществ в воздухе рабочей зоны, ПДКi – их предельно допустимые концентрации.

**9. Средства индивидуальной защиты человека от химических негативных факторов**

В системе мероприятий по охране труда большое значение имеет обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты (СИЗ) от проникновения в организм человека вредных и опасных химических веществ, пероральным (через рот и органы пищеварения) путем и через кожу, а так же защиты кожных покровов и глаз от вредного воздействия.

При наличии в воздухе вредных веществ в количестве, превышающем ПДК, а также при вероятности их появления в ходе производственных процессов в результате неисправностей оборудования и аварий необходимо пользоваться СИЗ органов дыхания, а в случае наличия веществ, действующих через кожу, также СИЗ кожи.

СИЗ органов дыхания подразделяются на два основных класса: ***фильтрующие*** и ***изолирующи.***

Фильтрующие СИЗ наиболее просты, надежны и не ограничивают работающему свободу передвижения. К фильтрующим СИЗ относятся: *респираторы, противогазы, фильтрующие самоспасатели*.

Выбор СИЗ фильтрующего действия в значительной степени зависит от условий, в которых они должны эксплуатироваться, агрегатного состояния вредных веществ в воздухе, их концентрации.

Вредные вещества могут присутствовать в воздухе в парогазообразном состоянии и виде аэрозолей – пыли, дыма и тумана.

***Респираторы.*** Респираторы могут быть разнообразных видов в зависимости от состава вредных веществ, их концентрации и требуемой степени защиты.

Наиболее широкое распространение получили противопылевые респираторы. Противопылевые респираторы не защищают органы дыхания от газов, паров и легковоспламеняющихся веществ.

При необходимости защиты органов дыхания от вредных газов и паров применяются респираторы, состоящие из резиновой полумаски и поглощающих газы патронов и предназначенные для защиты от вредных веществ при концентрациях, не превышающих 10…15 ПДК.

***Промышленные противогазы***предназначены для защиты органов дыхания, лицаи глаз от вредных веществ, присутствующих в воздухе. В зависимости от применяемых коробок противогаз может защищать от газов (паров) вредных веществ (с поглощающими коробками), от аэрозолей вредных веществ (с фильтрующими коробками) и одновременно от газов (паров) и аэрозолей вредных веществ (с фильтрующе-поглощающими коробками).

***Изолирующие противогазы и самоспасатели.*** Действие изолирующих противогазов и самоспасателей основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый человеком воздух попадает в регенеративный патрон, в котором поглощаются выделенный человеком углекислый газ и пары воды, а взамен выделяется кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищает и поступает для дыхания.

Изолирующие противогазы обеспечивают более длительное время работы в них, чем изолирующие самоспасатели, более комфортные условия работы, являются средствами многократного применения при условии замены регенеративного патрона после каждого использования противогаза.

Отличительной особенностью изолирующих самоспасателей является то, что уже в заводской упаковке они полностью готовы к применению. Для включения самоспасателя с целью обеспечения защиты необходимо несколько секунд. Поэтому они применяются в случаях аварий и непредусмотренных технологическим процессом выделениях (выбросах) вредных веществ.

При выделении вредных веществ, которые могут проникать (заражать) человека через кожные покровы, применяются ***изолирующие комплекты****.* Такие комплекты состоят из комбинезона с капюшоном, рукавиц, осоюзки и снабжаются дыхательным аппаратом.

**Заключение**

Задачей защиты от химических негативных факторов является исключение или снижение до допустимых пределов попадания в организм человека вредных веществ, контакта с вредными или опасными объектами. Вредные вещества могут попадать в организм человека с вдыхаемым воздухом, питьевой водой, пищей, проникать через кожу.

Поэтому задачей защиты является удаление веществ из зоны их образования; минимизация их попадания в воздух, воду, пищу; очистку загрязненного воздуха или воды от них перед попаданием в воздух рабочей зоны, территории предприятия, биосферу.

Для того чтобы выбрать средства и методы защиты от негативных химических факторов, необходимо знать их основные характеристики и действие на человека. Полностью исключить воздействие на человека негативных химических факторов практически невозможно как с технической, так и с экономической точек зрения. Иногда это и нецелесообразно, так как даже в естественной природной среде человек подвергается их воздействию – в воздухе и в воде содержатся вредные вещества, выделяемые природными источниками.

В рабочей зоне необходимо обеспечить такие уровни негативных факторов, которые не вызывают ухудшения состояния здоровья человека, заболеваний. Для исключения необратимых изменений в организме человека необходимо ограничить воздействие негативных химических факторов предельно допустимыми концентрациями (ПДК).