

Н. В. Лазарев

Вредные вещества в промышленности
Том 3. Неорганические и элементоорганические
соединения

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 66.0
ББК 35
Н11

Н11 **Н. В. Лазарев**
Вредные вещества в промышленности: Том 3. Неорганические и элементарорганические соединения / Н. В. Лазарев – М.: Книга по Требованию, 2024. – 608 с.

ISBN 978-5-458-25427-4

ISBN 978-5-458-25427-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

щие». о защите глаз и кожи — по рекомендациям, взятым из литературных источников.

Затем описываются *меры предупреждения* вредного воздействия данного вещества в производственных условиях.

В заключение даются методы *определения* вещества в воздухе рабочих помещений, а также *в организме*.

Список литературных источников, использованных многократно, приведен в конце книги. Ссылки на эти источники даются в квадратных скобках. В тех списках литературы, которые помещены после отдельных статей, в большинстве случаев приведены (для экономии места) только новые работы, опубликованные после 1960 г. Если источник не дается ни в общем указателе, ни в конце статьи, его можно найти в предыдущих изданиях настоящего справочника.

При характеристике физических свойств приводятся значения относительной плотности, т. е. плотности жидких и твердых веществ при 20 °С по сравнению с плотностью воды при 4 °С, а также плотности газов или паров при нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст.) по сравнению с плотностью воздуха. Иногда даются значения плотности газов или паров, выраженные в г/л.

Для перевода значений относительной плотности в плотность величину первой умножают на плотность воды (или воздуха) при соответствующей температуре. Для пересчета значений плотности, выраженных в г/см³, в единицы Международной системы (СИ) — в кг/м³ — следует умножить их на 10³. Для пересчета значений давления паров, выраженных в мм рт. ст., в единицы СИ — в Па — следует умножить их на 133,322.

Пересчет концентраций газов и паров, выраженных в мг/л, в концентрации в частях на 1 млн. и наоборот, можно осуществить по таблице, помещенной в томе I.

В книге приняты следующие сокращения и обозначения:

A — относительная атомная масса; возг. — возгонка; воспл. — воспламенение; замерз. — замерзание; застыв. — застывание; давл. паров — давление паров (как правило, в мм рт. ст.); кип. — кипение; конц. — концентрированный, концентрация; коэфф. распредел. — коэффициент распределения; коэфф. раств. — коэффициент растворимости (обычно подразумевается оствальдовский коэффициент растворимости, т. е. отношение концентрации вещества в жидкой фазе к концентрации его в газовой фазе); насыщ. — насыщающий; плавл. — плавление; плотн. — плотность; *M* — относительная молекулярная масса; разб. — разбавление; разл. — разложение; раств. — растворимость; согл. — согласовано; *t*. — температура (всегда в °С); утв. — утверждено; ЛД₅₀, ЛД₁₀₀, ЛК₅₀, ЛК₁₀₀ — летальные

(смертельные) дозы и концентрации, вызывающие гибель 50 или 100% взятых в опыт животных; HK_{50} — наркотические концентрации для 50% взятых в опыт животных.

Принят также ряд аббревиатур, обозначающих государственные учреждения, например: МЗ СССР — Министерство здравоохранения СССР, ГСИ СССР — Государственная санитарная инспекция или Государственный санитарный инспектор СССР; ВНИИГИНТОКС — Всесоюзный научно-исследовательский институт токсикологии пестицидов и полимерных материалов и т. д.

Употребляется ряд сокращенных выражений, принятых в практике. Так, например, выражение «при вдыхании 2 мг/л» означает: «при вдыхании газа (или паров) в концентрации, равной 2 мг/л». Термины «масса тела», «массовый коэффициент» используются вместо принятых прежде «вес тела», «весовой коэффициент».

БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ

Применяются в источниках света (люминесцентные, импульсные лампы, газовые лампы высокого давления, лампы накаливания и т. п.), в рентгеновских трубках, лазерах; для сварки в инертной среде; при получении высокочистых металлов; в полупроводниковой технике; в авиации; для приготовления искусственной дыхательной смеси; в медицине (в основном радиоактивные изотопы).

Получаются (кроме гелия) фракционной дистилляцией жидкого воздуха. В 1 м³ воздуха содержится 18,180 см³ Ne, 9325 см³ Ar, 0,00144 см³ Kr, 0,00086 см³ Xe.

Физические и химические свойства. Газы без цвета и запаха. Химически малоактивны. Известны неустойчивые гидраты Ne(H₂O)₆, Ar(H₂O)₆, Kr(H₂O)₆ и Xe(H₂O)₆. В электрических разрядах ионизируются. См. также таблицу.

Физические свойства благородных газов

Название	Плотность, г/л	Относительная плотность (по воздуху)	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C	Растворимость в воде, мл/л	Коэффициент растворимости в воде (20°)	Коэффициент распределения масло/вода (38°)
Гелий	0,1785	0,14	-272,2 (26 атм)	-268,9	8,42 ³⁰	9,78 ⁰	1,7
Неон	0,8990	0,7	-248,7	-246,1	—	0,0112	—
Аргон	1,7837	1,4	-189,4	-185,9	52,4 ⁰ ; 33,6 ²⁰	0,0377	5,32
Криптон	3,736	2,9	-156,6	-152,9	99,1 ⁰ ; 59,4 ²⁰	0,0481	0,0458
Ксенон	5,89	4,5	-111,8	-107,1	203 ⁰ ; 108 ²⁰	0,0830	1,883

Общий характер действия. При применении под давлением — наркотики; это действие усиливается с увеличением атомной массы. При атмосферном давлении почти все вредны лишь в той мере, в какой они своим присутствием понижают парциальное давление кислорода (Лазарев; Лазарев и др.; Орбели; Зальцман; Behnke, Jarbrough; Leon, Cook).

Меры предупреждения — см. «Временные правила по технике безопасности и производственной санитарии при проведении работ в камерах, заполненных инертным газом» (Л., 1966).

Зальцман Г. Л. Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой смеси. Л., Медгиз, 1961. 185 с.

Гелий

He

 $A = 4,003$

Получается из природных газов (в основном метановых) глубоким охлаждением с последующей ректификацией. В воздухе содержится $1,267 \cdot 10^{-8} \%$ (масс.). В некоторых радиоактивных минералах (клевеците, моиците, торинаните) содержится $0,8\text{--}10,5 \text{ см}^3$ на 1 г.

Токсическое действие. Животные. У белой мыши при парциальном давлении He $24\text{--}33 \text{ кгс/см}^2$ — дрожание, замедление дыхания, при $50\text{--}73$ — атаксия, при 93 — судороги конечностей, при 96 (общее давление 99 кгс/см^2) — признаки наркотического действия, но полный наркоз не достигался (Лазарев). У кошек при 50 кгс/см^2 нарушение координации движений, атаксия, общее угнетение двигательных реакций (Бресткин и др.). Вредных последствий не обнаружено. В атмосфере 79% He и 21% O_2 эмбрионы цыплят развивались нормально, у кур учащалось сердцебиение и дыхание, повышалось потребление кислорода (Weiss et al.).

Человек. При вдыхании гелиево-кислородной смеси человек может спускаться на большие глубины более безопасно, чем при вдыхании воздуха (Орбели и др.), но у водолазов при парциальном давлении He в несколько атмосфер характерное развитие дрожи (независимо от температуры окружающей среды). Отмечается также некоторое нарушение высшей нервной деятельности (Зальцман). У 8 испытуемых при вдыхании смеси 79% He и 21% O_2 под давлением $3,1$ и $6,2 \text{ кгс/см}^2$ не выявлено изменений потребления O_2 , накопления молочной кислоты при физической работе; при большем давлении снижались частота пульса и объем легочной вентиляции (Fagfaens); реакция организма на действие ряда лекарственных средств не изменялась (Small).

Меры предупреждения — см. Благородные газы.

Fagfaens J. Acta physiol. scand., 1974, v. 91, № 4, p. 545—556.

Small A. Toxicol. a. Appl. Pharmacol., 1970, v. 17, № 1, p. 250—261.

Weiss H. S. et al. Aerospace Med., 1965, v. 36, № 9, p. 201—206. Цит. по РМЖ, 1965, разд. VII, № 9, 3008.

См. также Благородные газы.

Неон

Ne

 $A = 20,18$

Токсическое действие — см. Благородные газы. Мышонок массой $4,5 \text{ г}$ выносит парциальное давление Ne $17,5 \text{ кгс/см}^2$ без признаков депрессии или наркотического действия (Лазарев и др.).

Аргон

Ar

 $A = 39,95$

Токсическое действие. Животные. У взрослой белой мыши при парциальном давлении Ar $6\text{--}10 \text{ кгс/см}^2$ скованность движений, легкая атаксия, при $6\text{--}18$ каталептические явления, при $14\text{--}22$ боковое положение, при $16\text{--}22$ исчезают реакции на электрическое раздражение. Наркоз мышонка массой 5 г наступает при 11 кгс/см^2 (Лазарев).

Человек. При вдыхании смеси 69% Ar, 11% N_2 и 20% O_2 при атмосферном давлении не отмечено никаких признаков действия, а при $4\text{--}10 \text{ кгс/см}^2$ — оцепенение, нервно-мышечные расстройства и затуманенность мышления; эти расстройства выражены гораздо сильнее, чем при тех же давлениях воздуха (Behnke, Jarbrough; Siedlecki).

Меры предупреждения — см. Благородные газы. При использовании для сварки цветных металлов обязательны вентиляционные устройства. См. также Озон.

Siedlecki J. F. J. Amer. Med. Assoc., 1965, v. 193, № 6, p. 551.

Криптон

Kr

 $A = 83,80$

Физические и химические свойства. Коэфф. раств. в плазме крови 0,451, в эритроцитах 0,0718 (Kitani). В электрических разрядах образует комплексные ионы с Ag, Xe или вторым атомом Kr; дает молекулярные соединения с некоторыми органическими веществами; с фтором — кристаллический фторид, устойчивый только при низких температурах. Содержит некоторое количество Rn, при ядерных взрывах возникает радиоактивный изотоп ^{85}Kr с периодом полураспада 10,6 лет.

Токсическое действие. Животные. Мышонок массой 4,5 г уже при парциальном давлении Kr 0,85 кгс/см² обнаруживает вялость; при 2,4—4,4 — полный наркоз (Лазарев).

Человек. Вдыхание газовой смеси с 50% Kr и 20% O₂ вызвало состояние полного одурманивания (Леонтьев).

Kitani K. J. Clin. a. Lab. Investig., 1972, v. 29, № 2, p. 167—172.
См. также Благородные газы.

Ксенон

Xe

 $A = 131,30$

Физические и химические свойства. Коэфф. раств. в плазме крови 0,0940, в эритроцитах 0,1966 (Kitani). Под давлением образует молекулярные соединения с некоторыми органическими веществами. Известны соединения Xe с рядом металлов и фтором. Содержит некоторое количество Rn.

Токсическое действие. Животные. При вдыхании газовой смеси, содержащей 67% Xe, и атмосферном давлении у белой мыши — паралич задних лап; при 75% Xe — оцепенение (животное не меняет насильственно нарушенной позы). У мышат массой 5—6 г при 50% Xe и атмосферном давлении — наркоз, быстро проходящий при вдыхании чистого воздуха (Лазарев и др.). У морских свинок при вдыхании смеси 80% Xe и 20% O₂ потребление O₂ падало на 40%, при 75% Xe и 20% O₂ — на 30%, а при 70% Xe и 20% O₂ — на 10% без усиления дыхания; после 2-минутного вдыхания чистого воздуха — полное восстановление (Kugeš et al.). При 15-минутном вдыхании смеси 80% Xe и 20% O₂ у кроликов — уменьшение реакции на болевое раздражение, потеря мигательного рефлекса, тенденция к сохранению придаваемого им неестественного положения тела. После вдыхания в течение 6 дней смеси 65% Xe и 35% O₂ у молодых крыс обнаруживалась лейкопения, снижение числа эритроцитов и гранулоцитов в костном мозге (Aldrete, Virtue).

Человек. Вдыхание смеси кислорода с 70% Xe вызывало легкий наркоз с потерей сознания через 3 мин. При хирургической операции под ксеноновым наркозом (80% Xe и 20% O₂) операция была начата на 10-й минуте вдыхания смеси, пробуждение через 2—5 мин после перехода на дыхание чистым воздухом и затем восстановление ориентировки (Буачидзе, Смольников; Cullen, Gross). Уровень радиационного фактора, обусловленного примесью Rn, на заводе-изготовителе не высок (Вершинин и др.).

Распределение в организме. В эритроцитах мышей, собак и хомяков обнаруживается в 3 раза больше Xe, чем в равном объеме плазмы; для человека и быка соотношение составляет 2 : 1 (Muehlbaeher et al.).

Меры предупреждения. Для предохранения от радиационного воздействия рекомендуются длительное выдерживание баллонов с Xe до его использования, вентиляция помещений, минимальное количество баллонов с Xe у рабочих мест (Вершинин и др.).

Буачидзе Л. Н., Смольников В. Г. Вестн. АМН СССР, 1962, № 8, с. 22—25.
Вершинин Н. В. и др. Гиг. труда, 1969, № 4, с. 42—44.
Aldrete J., Virtue R. Anaesth. a. Analg. Curr. Res., 1967, v. 46, № 5, p. 562—564.
Muehlbaeher C. et al. Molec. Pharmacol., 1966, v. 2, № 1, p. 86—89.
См. также Благородные газы, Криптон.

ВОДОРОД, ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА, ТЯЖЕЛАЯ ВОДА

Водород

H_2

$M = 2,016$

Применяется для синтеза аммиака, карбамида, метанола; при гидрогенизации жиров, нефтепродуктов, углей и смол; как восстановитель; для автогенной резки и сварки; для наполнения аэростатов и метеорологических шаров-зондов; как хладагент; в газовых термометрах и других приборах.

Получается в лабораториях — действием кислот на Zn; в промышленности — из водяного газа, электролизом воды, как побочный продукт электролиза водных растворов щелочей и хлоридов щелочных металлов.

Физические и химические свойства. Бесцветный газ без вкуса и запаха. Т. плавл. $-259,14^\circ$; т. кип. $-252,8^\circ$; плотн. 0,08988 г/л; раств. в воде 2,14 мл/100 г (0°), 1,6 мл/100 г (100°); коэфф. раств. в воде 0,0196. Сильный восстановитель. С O_2 и Cl_2 образует взрывчатые смеси. Пределы взрываемости в смеси с воздухом 4,0—75% (т. самовоспл. 510°), с кислородом 4,6—95% (т. самовоспл. 450°), с N_2O 5,2—80%, с NO 13,5—49%; смесь с 50% Cl_2 взрывает на свету.

Токсическое действие. Физиологически инертный газ; лишь в очень высоких концентрациях вызывает удушье вследствие уменьшения нормального давления кислорода. Наркотическое действие может проявиться лишь при очень высоких давлениях — того же порядка, что и при действии гелия (Лазарев). Если наркотическое действие N_2 принять за 1, сила наркотического действия H_2 составляет 0,26 (Brauer, Way).

Меры предупреждения. При производстве H_2 см. «Правила безопасности при производстве водорода методом электролиза воды», утв. Госгортехнадзором СССР 13/X 1970 г., и дополнения и изменения к ним, утв. Госгортехнадзором СССР 9/X 1973 г. При использовании жидкого H_2 см. у Колотилова. Водород, полученный действием H_2SO_4 и HCl на Zn, почти всегда содержит AsH_3 и поэтому нередко бывает причиной даже смертельных отравлений (см. Мышьяковский водород). Может содержать и другие ядовитые примеси, например SbH_3 , PH_3 , иногда H_2S (Гуревич и др.).

Колотилорв Н. Н. (ред.). Охрана труда в авиационной промышленности. М., «Машиностроение», 1973. 244 с.
Brauer R., Way R. J. Appl. Physiol., 1970, v. 29, № 1, p. 23—31.

Перекись водорода

H_2O_2

$M = 34,01$

Применяется для отбели материалов животного и растительного происхождения; как окислитель для кубовых красителей; как топливо в ракетных и торпедных двигателях; как пенообразователь для получения пористых материалов; для производства перекисных соединений; в медицине.

Получается при гидролизе образовавшейся электролитическим путем надсерной кислоты или ее солей.

Физические и химические свойства. Бесцветная сиропообразная жидкость. Т. плавл. $-0,43^{\circ}$; т. кип. $150,2^{\circ}$; плотн. $1,450 (20^{\circ})$. Обладает окислительно-восстановительными свойствами. Слабая кислота. На свету и в присутствии катализаторов разлагается. В продажу поступает 3 и 30% водный раствор, последний (пергидроль) стабилизирован пирофосфатом натрия, салициловой или ортофосфорной кислотой (до $0,6 \text{ г/л}$) и ингибирован нитратом аммония (до $0,2 \text{ г/л}$).

Токсическое действие. Животные. При повторном введении в течение 45 дней в желудок крыс пергидроля в дозе 0,2 и 0,1 от ЛД₅₀ — похудание, активация пероксидаз и снижение активности каталазы печени, ретикулоцитоз, белок в моче. У самок — нарушение эстрального цикла, у самцов — повреждение сперматозоидов (Антонова и др.). При вдыхании в течение 5 мин аэрозоля 90% H_2O_2 в концентрации $9,4 \text{ г/м}^3$ белые мыши не гибнут в течение 6 дней, при воздействии $13,2\text{—}19,0 \text{ г/м}^3$ в течение 10 мин часть погибает. При 10 г/м^3 — раздражение глаз и носа. У переживших воздействие $9\text{—}19 \text{ г/м}^3$ через несколько недель развивалось поражение роговой оболочки глаза (Punte et al.).

При 7-часовом отравлении белых крыс концентрацией $0,08\text{—}0,1 \text{ мг/л}$ нарушались оборонительные условные рефлексы (Тиунов, Соколова). При 6-часовом воздействии 5 раз в неделю и концентрации паров $0,093 \text{ мг/л}$ пала одна из 10 крыс после 30 экспозиций; у всех крыс отмечено раздражение слизистых дыхательных путей. У кроликов при этом режиме, но при концентрации $0,03 \text{ мг/л}$ и длительности опыта более 3 месяцев побелела шерсть, кожа вокруг носа была раздражена. У собак при концентрации $0,01 \text{ мг/л}$ и длительности опыта 6 месяцев — раздражение и утончение кожи, слезотечение, чихание, побеление шерсти (Oberst et al.). При добавлении к цельной крови H_2O_2 (1—12%) обнаружено образование сфероцитов, появление зернистости и нарушение окрашивания эритроцитов (Granata, Pennarola).

Человек. При постоянной работе с H_2O_2 нередко воспалительные заболевания кожи. Раздражение слизистых и заболевания бронхов и легких у работающих в производстве H_2O_2 вызываются, главным образом, O_3 и H_2SO_4 ; астма и экземы вызываются персульфатом аммония, применяемым в производстве (Barsotti et al.). При отравлении через рот пергидролем отмечаются боли в животе и за грудиной, задержка дыхания, рвота, переходящие двигательные и чувствительные нарушения, повышение температуры, кровоизлияния в конъюнктиву и кожу. В отдельных случаях могут возникнуть расстройства зрения, эпилептиформные судороги, парезы. Полагают, что поражение центральной нервной системы обусловлено газовой микроэмболией (Будаговский). В случае гибели обнаруживаются глубокие некротические изменения слизистой желудка и пищевода, очаговая пневмония, отек мозга (Блохасо; Нойнис, Блохасо).

Предельно допустимая концентрация. В СССР не установлена, в США принята $1,4 \text{ мг/м}^3$ [57].

Индивидуальная защита. Меры предупреждения. Защитная спецодежда из стойкой ткани (подробнее см. у Невской). Перчатки из полихлорвинила, полиэтилена, полиэфирных пластиков. Защитные очки или защитные маски из прозрачных полимерных материалов. О мерах безопасности при транспортировке и хранении см. у Шамба и др., при получении — у Невской, Дитерихса. Предварительные и периодические, 1 раз в 12 месяцев, медицинские осмотры работающих в производстве H_2O_2 [25].

Определение в воздухе основано на способности растворов $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$ или TiCl_4 давать с H_2O_2 желтую окраску, интенсивность которой возрастает пропорционально количеству H_2O_2 [2].

Антонова В. И. и др. Гиг. и сан., 1974, № 10, с. 20—22.

Блохасо Ц. В. Суд.-мед. эксперт., 1968, № 1, с. 54—56.

Будаговский М. Т. и др. Воен.-мед. журн., 1971, № 9, с. 79—81.

Нойнис И. В., Блохасо Ц. В. В кн.: Актуальные вопр. суд. мед. и патол. анатомии. Таллин, 1970, с. 207—210.

Feinstein R. et al. J. Lab. a. Clin. Med., 1966, v. 68, № 6, p. 952—957.

Granata A., Pennarola R. Arch. malad. profess., 1970, v. 31, № 3, p. 107—116.

См. также Озон.

Тяжелая вода

(Окись дейтерия)

D_2O

$M = 20,03$

Применяется как замедлитель нейтронов и теплоноситель в ядерных реакторах.

Получается ректификацией жидкого водорода при -250° (содержащего 0,014—0,015% изотопа 2H — дейтерия) и последующим сжиганием дейтерия в кислороде. Полученный слабый раствор D_2O в воде концентрируется электролизом до 98—99% продукта. Содержание D_2O в обычной воде 1 : 7000.

Физические и химические свойства. Т. плавл. $3,82^\circ$; т. кип. $101,4^\circ$; плотн. твердой D_2O 1,017 ($3,82^\circ$); плотн. жидкости 1,106 (20°). Растворимость солей в D_2O меньше, чем в обычной воде. Между D_2O и соединениями, содержащими водород, возможен изотопный обмен, но водород, связанный с углеродом, либо в реакцию обмена не вступает, либо этот процесс идет очень медленно.

Токсическое действие. Животные. Ежедневное введение белым мышам в желудок по 1 мл D_2O на 10 г массы тела вызывает гибель в течение 7 дней (концентрация D_2O в жидкостях тела достигает 40—50%). При 20% D_2O обмен веществ повышается, наблюдаются симптомы нарушения функций нервной системы. Дальнейшее насыщение организма D_2O ведет к резкому снижению обмена, а также температуры тела, тяжелым нарушениям деятельности центральной нервной системы (Bagbour). При 30—35% D_2O наступает отравление и гибель, если животных вновь не перевести на обычную воду. Даже 30% D_2O вызывает стерильность мышей (Денько). У мышей, получавших питьевую воду с 75% D_2O , — снижение потребления воды, дистрофические изменения эпителия канальцев и клубочков почек, приводящие к частичному закрытию просветов канальцев и капилляров; дегенеративные изменения в слюнных железах (Zunker, McKay). У белых крыс, пивших воду с D_2O , — уменьшение почечного плазматочка до 4% от контрольного содержания; после замены смеси обычной водой функция почек нормализовалась за 1—5 дней (Thomson, Klipfel). При введении в брюшную полость крыс D_2O (0,5—1 мл/мин) — замедление дыхания, одышка, цианоз. Гибель животных от острой сердечной недостаточности наступала при концентрации в крови 13% (ат.). Степень выявляемых нарушений зависит от концентрации D_2O в крови. При концентрации в крови 60% (ат.) погибают все животные (Hübner, Ludewig).

Выделение из организма происходит медленно. После приема внутрь двумя людьми по 2 л 0,46% D_2O выделение ее с мочой началось через 26 мин, но половина выпитой D_2O выделилась лишь через 10 дней (Шишаков).

Денько Е. И. Усп. соврем. биол., 1970, т. 70, вып. 1 (4), с. 41—64.

Hübner G., Ludewig R. «Isotopenpraxis», 1971, № 7, s. 303—304.

Zunker H., McKay D. Arch. Pathol., 1966, v. 82, № 1, p. 18—26.

КИСЛОРОД, ОЗОН

Кислород

O₂

M = 31,99

Применяется для интенсификации реакций окисления в химической и металлургической промышленности; при получении водяного газа и конверсии природных газов (главным образом, метана); при низкотемпературном окислении попутных нефтяных газов; в производстве азотной кислоты из аммиака; при сварке и резке металлов; при огневом бурении твердых пород; в двигателях космических ракет; в кислородно-дыхательных аппаратах; в медицине.

Получается фракционированной перегонкой жидкого воздуха; электролизом воды.

Физические и химические свойства. Бесцветный газ без запаха и вкуса. Т. плавл. —218,4°; т. кип. —183,0°; плотн. 1,429 г/л; раств. в воде 4,89 мл/100 г (0°), 2,83 мл/100 г (25°); 2,09 мл/100 г (50°); коэфф. раств. в воде 0,033, в плазме крови 0,022 (37°). Высокоактивен, соединяется с большинством элементов. С горючими газами образует взрывчатые смеси. Жидкий O₂ с пористыми горючими органическими веществами дает взрывчатые вещества «оксидиквиты». Масла в атмосфере кислорода самовозгораются.

Общий характер действия. Как недостаток, так и повышенное содержание O₂ в окружающей среде или во вдыхаемой газовой смеси имеют большое практическое значение, особенно с развитием высотной авиации, космических полетов, глубоководных исследований, водолазных работ и т. д. Основное проявление токсичности O₂ при нормальном давлении — поражение дыхательных путей, главным образом легких; вплоть до отека. Возбуждение центральной нервной системы с развитием судорог характерно для действия O₂ под давлением; непосредственной причиной гибели является паралич дыхательного центра. При общетоксической форме меньше страдают легкие и не так выражены судороги, но поражаются и другие органы и системы, так как O₂ нарушает клеточный метаболизм, являясь общепротоплазматическим ядом (Hauggaard). В развитии патологии легких играет роль местное действие O₂ («ожог легких»), а также нервно-гуморальные факторы: высокое содержание O₂ в крови, нарушение функции гипофиза — кора надпочечников. Судорожная форма отравления, по-видимому, связана с раздражением как коры, так и нижележащих отделов мозга. Сила токсического действия O₂ зависит от концентрации, давления, длительности вдыхания и от индивидуальной чувствительности. По ряду данных, возможна адаптация. Низкая температура повышает выносливость животных к O₂, а физическая работа усиливает, повышает и ускоряет токсические проявления, так же как и высокое содержание CO₂ в воздухе (Жиронкин; Березин; Дионесов и др.; Зальцман; Броновицкая; Прикладовицкий).

Острое отравление. Животные. Белые мыши и крысы после пребывания в атмосфере чистого O₂ погибали в течение нескольких дней (Orzechowski, Holste). На 5 день вдыхания смеси с 90% O₂ у мышей — расстройство дыхания, в легких интерстициальная пневмония. После суток, проведенных в атмосфере чистого O₂ (давление нормальное), у крыс — изменение структуры клеточных мембран, а при судорожной форме — дегенеративные изменения нервных клеток. Морские свинки погибали через 2—3 дня после однократного вдыхания 100% O₂ и через 3—5 дней после вдыхания газовой смеси с 80% O₂.

(Балаховский и др., Binet et al.; Felig; Schnakenburg). В атмосфере чистого O_2 у кошек в течение 2—3 дней развивался смертельный отек легких (Сапов). У собак при вдыхании чистого O_2 и атмосферном давлении признаки отравления возникали через 36 ч, а через 60 ч наступала гибель. При 90% O_2 та же картина развивалась вдвое медленнее; при 80% O_2 животные не погибали, но отравление развивалось в течение нескольких дней. Отмечалось снижение насыщенности крови O_2 , понижение уровня гемоглобина, полнокровие или отек легких, недостаточность правого сердца, полнокровие внутренних органов [56]. При 80—90% O_2 у обезьян через 2—3 дня — сонливость или агрессивность, двигательное возбуждение, рвота; гибель на 6—9 сутки. В легких отек, воспалительные изменения (Robinson et al.). При давлении O_2 6 кгс/см² у крыс через 50 мин обнаруживалась активация тканевого дыхания, повышенное содержание кортикоидов в крови (Мухин и др.). При 4 кгс/см² судороги у мышат развиваются через 148, у кошек через 142, у кроликов через 104, а у собак через 33—88 мин соответственно (Жиронкин). После вдыхания O_2 под давлением 8 кгс/см² судороги у разных животных через 4—38 мин (Гершеневич). У кроликов и кошек, вдыхавших O_2 под давлением 3,7—3,8 кгс/см², через 2 и 3 ч соответственно обнаруживались патологические изменения в легких.

Человек. Рано проявляются нарушения зрения (сужение полей зрения, расширение зрачков). Наблюдаются циркуляторные расстройства со спазмом периферических сосудов, повышение кровяного давления, учащение пульса, бледность, головокружение, оцепенение. Снижение обмена и накопление продуктов обмена (Макарцев; [56]), полнокровие, воспаление и отек легких. При атмосферном давлении смеси с 50—65% O_2 могут долго не вызывать токсического эффекта. Вдыхание 70—80% смеси в течение 55 ч вызвало чувство стеснения в груди, снижение жизненной емкости легких, сохранявшиеся сутки (Ohlsson). После 24-часового воздействия 90% O_2 у части лиц парестезии пальцев рук и ног, а после 65 ч — учащение сердцебиения, рвота, бронхит. У летчиков, пользующихся кислородной аппаратурой в полете, иногда ощущение сухости в носу и глотке, а также носовые кровотечения; эти явления могут обуславливаться сухостью и низкой температурой вдыхаемого O_2 (Попов). Полагают, что вдыхание чистого O_2 в течение 24—48 ч или по 16 ч в сутки длительное время не оказывает заметного вредного воздействия; однако, по другим данным, уже через 24 ч возникает чувство стеснения в груди (Behnke et al.; [56]). Вдыхание O_2 под давлением 3 кгс/см², по ряду указаний, безопасно при экспозиции 30 мин, но по другим данным, уже через час воздействия O_2 под давлением 1 кгс/см² ухудшаются нервно-мышечная координация, внимание, нарушается пульс. По некоторым исследованиям, давление O_2 3 кгс/см² может переноситься молодыми здоровыми людьми в течение 3 ч, но на 4 часу возникают признаки отравления. При 3,7 кгс/см² — тошнота, рвота, недомогание, сердцебиение, чувство страха, даже галлюцинации, судороги. Последние наблюдались и после 45-минутного вдыхания O_2 под давлением 4—5 кгс/см² (Behnke et al.; Hempleman; [56]). Описан случай головокружения и рвоты при 15-минутном вдыхании чистого O_2 при атмосферном давлении (Печеев). Отмечено двухстороннее воспаление легких у водолаза после 3 ч пребывания при давлении O_2 1,8 кгс/см². Судороги с потерей сознания наблюдались у водолазов при вдыхании из изолирующего кислородного прибора во время декомпрессии (6—10 кгс/см²). При пребывании в течение 15 дней в атмосфере кислородно-гелиевой смеси и давлении 380 мм рт. ст. у 6 мужчин 17—22 лет не обнаруживалось патологических сдвигов, нарушения содержания электролитов, функций печени, хромосомных нарушений в лимфоцитах крови (Prince et al.). При таком же давлении 14-суточное вдыхание O_2 не вызывает признаков поражения легких (Жиронкин).

Хроническое отравление. У крыс, вдыхавших смесь с 70—80% O_2 с 20 дня выявлены застойные явления и уплотнения в легких, на 26 день пало одно из 4 животных (Балаховский и др.). У морских свинок, вдыхавших смесь с 80—82% O_2 ежедневно по 2—5 ч в течение 34 дней и с 90—95% O_2 по 4 ч в течение 132 дней, не было ни клинических проявлений отравления O_2 , ни морфологических изменений в органах (Попов). Однако 8-часовое ежедневное пребывание в той же атмосфере в течение 90 дней вызвало дегенеративные изменения