

УДК 355.58 (075.8)

О.В. Мельник, Умань, Україна / A. Melnik, Uman, Ukraine
e-mail: aleksandr.melnik.99@mail.ru**ОТРУЙНІ РЕЧОВИНИ ЗАГАЛЬНООТРУЙНОЇ ДІЇ ТА ЇХ ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА ЛЮДИНУ**

Анотація. У статті описано загальну характеристику отруйних речовин загально отруйної дії з приведенням їхньої хімічної, умовної назви та шифру. Розглядаються такі речовини, як: синильна кислота та окис вуглецю. Дана коротка історична довідка їхніх розробок, бойового застосування та наслідків випробувань. Зазначено фізичні, токсичні властивості загально отруйних речовин та фізіологічний вплив на організм людини. Повністю описаний біохімічний механізм токсичності отруйних речовин загально отруйної дії. Чітко показана симптоматика при ураженні зазначеними отруйними речовинами за різних концентрацій та експозицій. Приведені засоби та способи захисту, профілактики, надання першої медичної допомоги, терапії та знешкодження отруйних речовин загально отруйної дії.

Крім того у статті дана характеристика хімічним отруєнням від синильної кислоти людей, які безпосередньо контактують з нею під час отримання, переробки та використання різноманітних ціанідів. Наведені додатні водні суспензії для дегазації синильної кислоти.

Розглянуті хімічні реакції постачання молекулярного кисню гемоглобіном із легень до клітин людини у вигляді комплексної сполуки та послідовного окиснення і відновлення заліза гемі гемоглобіну.

Описаний механізм впливу окису вуглецю на організм людини з зазначенням легкого, середнього та смертельного ступеню ураження. Розглянутий принцип захисту від окису вуглецю з описом хімічних окислювально-відновних реакцій які відбуваються у гопкалітовому патроні.

Ключові слова: отруйні речовини, синильна кислота, окис вуглецю, миш'яковистий водень, гопкалітовий патрон, концентрація, дегазація, каталіз.

Total poisonous toxic substances and their physiological effects on humans

Annotation. The article describes the general characteristics of total poisonous toxic substances to bringing their chemical, conditional name and cipher. Considers such substances as hydrogen cyanide and carbon monoxide. The article considers a brief historical background of their development, deployment and testing the consequences. The article describes physical properties of general toxic poisons and physiological effects on the human body. Fully describes the biochemical mechanism of chemical agents toxicity generally toxic action. Clearly shows the symptoms listed in the defeat of toxic substances of different concentrations and exposures. The article considers the means and methods of protection, prevention, first aid, treatment and disposal of toxic substances generally toxic action. Also the article describes the characteristic of chemical poisoning from prussic acid of people who are in direct contact with it during the preparation, processing and use of various cyanide. Results pridatnye aqueous suspensions for degassing of hydrocyanic acid. The chemical reaction of molecular oxygen delivery to the lungs to hemoglobin of human cells in the form of complex compounds and sequential oxidation and reduction of iron gems hemoglobin. The described mechanism of action of carbon monoxide on the human body with an indication of light, medium and deadly extent of damage. The principle of protection against carbon monoxide with the description of chemical oxidation-reduction reactions occurring in gopkalitovom cartridge.

Key words: toxic substances, hydrogen cyanide, carbon monoxide, arsenic, hydrogen, gopkalitovy cartridge, concentration, degassing, catalysis.

Постановка задачі. Технологічна діяльність потенційно небезпечних об'єктів України пов'язана з виробництвом, використанням, зберіганням, переробкою, транспортуванням отруйних речовин. Небезпечне функціонування таких об'єктів пов'язане з ймовірністю аварійних випадків, або ураження працюючого персоналу отруйними речовинами.

Крім того, така отруйна речовина, як окис вуглецю зустрічається вельми часто не тільки в процесі виробничої діяльності, а й в побуті, що може призвести як до масових, так і до поодиноких випадків отруєння людей.

Тому є зрозумілим, що вивчення отруйних речовин, їх характеристик, фізіологічного та біохімічного механізму впливу на організм людини є досить актуальним завданням, вивченню якого необхідно приділяти достатньо уваги, про що свідчить дана стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасних підручниках, довідниках та навчальних

посібниках «Цивільний захист» таких авторів як: В. Атаманюк [2, с. 47], В. Бухтояров [7, с. 19], П. Егоров [4, с. 53], М. Стеблюк [6, с. 174] розглядаються отруйні речовини загально отруйної дії без опису їхніх загальних характеристик, фізичних, токсичних та біохімічних властивостей, не розглядається їхнє історичне походження, можливості бойового застосування, хімічні формули, умовні назви та механізми впливу на фізіологію організму людини. Слід зазначити, що розуміння освітянами біохімічного механізму впливу на організм людини отруйних речовин загально отруйної дії, уміння правильного поведіння з ними, уміле використання засобів індивідуального захисту, застосування необхідних розчинів та рецептур для проведення дегазації дасть змогу забезпечити надійний захист, зберегти життя та здоров'я людей при виникненні небезпек отруєння хімічними речовинами загально отруйної дії.

Формування цілей статті:

1. Довести освітянам загальні характеристики,

фізичні та токсичні властивості отруйних речовин загально отруйної дії.

2. Привести дегазуючі розчини придатні для нейтралізації отруйних речовин загально отруйної дії.

3 Розглянути надання першої медичної допомоги, способи та засоби захисту при загрозі або отруєнні отруйними речовинами загально отруйної дії.

Викладення основного матеріалу.

Загальна характеристика

Група отруйних речовин загально отруйної дії об'єднує хімічні сполуки, найрізноманітніші як за своїм фізіологічним впливом, так і за хімічною будовою. Усі вони є швидкодіючими летючими речовинами, що призводять до загибелі людей і тварин внаслідок зупинки дихання. Загальним для них є те, що вони не мають місцевого впливу на органи і тканини, через які потрапляють до організму.

Найбільше значення в якості потенційних ОР загально отруйної дії мають агенти АС (синільна кислота) та СК (хлорціан). Певну небезпеку із-за своєї високої токсичності мають гідриди миш'яку та фосфору, окис вуглецю, карбоніли металів.

РЕЧОВИНА АС



Хімічна назва: ціанистий водень; ціанистоводнева кислота; синільна кислота.

Умовна назва та шифри: АС (США); VN (Великобританія); Forestite (Франція).

Синільна кислота вперше отримана в 1782 р. К. Шеєле (Швеція). В якості отруйної речовини вперше була застосована в 1916 році французькими військами. Всього до кінця Першої світової війни французька армія застосувала біля 4 тис. т.

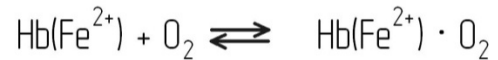
Фізичні властивості. Синільна кислота являє собою безбарвну, прозору та дуже рухливу рідину [3,438] із своєрідним запахом, що у малих концентраціях нагадує запах гіркого мигдалю. Густина рідкої АС при температурі 20° С 0,6894 г/см³, густина пари відносно повітря 0,947, [1, с. 164].

Температура кипіння 25,7° С, тиск насиченої пари 612 мм рт. ст. при температурі 20° С з максимальною концентрацією 873 мг/л. При мінус 13,3° С.

Синільна кислота в пароподібному стані легко сорбується гумовими виробами, шерстяними, текстильними та шкіряними матеріалами, соломою, при цьому маса поглиненої ОР складає 0,013-0,1 % від маси пористого матеріалу. Сполука легко проникає у пористі будівельні матеріали, вироби із деревини, через непошкоджену яєчну шкаралупу, адсорбується багатьма продуктами харчування.

Токсичні властивості. Синільна кислота специфічно діє на один із ферментів ензиматичного блоку, що знаходиться у мембранах мітохондрій клітин та забезпечує клітинне дихання. За хімічною суттю тканинне дихання – це біологічне окислення продуктів ферментативного перетворення глюкози

молекулярним киснем з одночасним виділенням енергії, яка акумулюється у вигляді АТФ. Молекулярний кисень постачається із легень у клітини гемоглобіном у вигляді комплексної сполуки з іоном Fe^{2+} , що знаходиться у гемі гемоглобіну:



У склад ензиматичного блоку входять ферменти, які забезпечують дегідрування органічного субстрату (дегідрогенази), перетворення відщеплених воднів у протони шляхом відбирання у них електронів та активації молекули кисню внаслідок передачі їй цих електронів (цитохроми). Кисень отримує електрони від останнього цитохрому А₃, який має назву цитохромоксидази. Цей складний білок з простетичною групою у вигляді залізорпорфіринового кільця з іоном заліза, послідовно змінює свій ступінь окислення від Fe^{2+} до Fe^{3+} і навпаки:



Отримавши електрони від попередніх цитохромів, залізо відновлюється до Fe^{2+} , а після передачі їх молекулі кисню – окислюється у Fe^{3+} .

Синільна кислота вступає в реакцію обміну з простетичною групою цитохромоксидази, тобто блокує фермент у момент його переходу в окислену форму:



Внаслідок цього іон Fe^{3+} втрачає здатність до відновлення та активації молекул кисню, які транспортуються кровотоком із легень. Клітинне дихання припиняється на самому головному етапі – етапі засвоєння кисню клітинами. При цьому не порушується ні потрапляння кисню у кров, ні його транспортування гемоглобіном до тканин. Внаслідок цієї метаморфози артеріальна кров, насичена киснем, переходить до вени та призводить до почервоніння поверхні шкіри, ураженої синільною кислотою.

Головною ознакою отруєння є порушення діяльності центральної нервової системи, чутливої до кисневого голодування. Кисневе голодування викликає насамперед загибель нервових клітин, що і визначає ознаки ураження синільною кислотою.

Таким чином, важкість отруєння залежить в першу чергу від ступеню пригнічення тканинного дихання мозку. При пригніченні дихання на 70 % настає смертельний наслідок, пригнічення на 40-50 % призводить до важких отруєнь, результати яких відчуються тривалий час після контакту з ОР.

Важкість ураження при інгаляції в основному залежить від концентрації та часу впливу ОР. Концентрація АС біля 0,02 мг/л переноситься організмом без наслідків навіть при 6-годинній експозиції. При концентрації 0,04-0,05 мг/л та часу дії

більше години можливі отруєння легкого ступеню, ознаки: запах гірко-мигдалю, металевий присмак у роті, подразнення у горлі. За концентрацій 0,12-0,15 мг/л та експозиції 30-60 хвилин виникають отруєння середнього ступеню. Виникає яскраво-рожеве забарвлення слизових оболонок та шкіри обличчя, нудота, блювота, та біль і відчуття здавлювання у грудях.

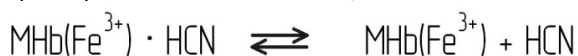
Важке отруєння (концентрація 0,25-0,4 мг/л та експозиція 5-10 хвилин) виникають судоми, повна втрата свідомості, серцева аритмія, мимовільна дефекація. Концентрації 0,42-0,5 мг/л при 2-5 хвилинній експозиції викликають швидку смерть.

Шкірно-резорбційна дія синильної кислоти має небезпечні наслідки при 5-10 хвилинній експозиції і концентрації АС 0,7-1,2 мг/л або тривалому перебуванні при концентрації 0,5 мг/л. Можливі хімічні отруєння синильною кислотою людей, які безпосередньо контактують з нею під час отримання, переробки та використання різноманітних ціанідів. Симптоматика: пітливість рук, запаморочення, головний біль, нудота, печія.

Знання біохімічного механізму токсичності АС дозволило знайти засоби профілактики і терапії уражень. Можливі два підходи – знешкодження ОР, яка потрапила до організму, та запобігання зв'язування цитохромоксидази:

– перший:

В крові серед гемінових пігментів є метгемоглобін, що містить в гемі іон трьохвалентного заліза (Fe^{3+}), який позначають MHb (Fe^{3+}). Якщо збільшити його вміст, то можна зв'язати синильну кислоту у кров'яному руслі на її шляху до цитохромоксидази клітин. Ефективними метгемоглобіноутворювачами виявилися солі та ефіри азотистої кислоти (нітри), які перетворюють в метгемоглобін (Fe^{3+}) частину гемоглобіну (Fe^{2+}). Синильна кислота реагує з метгемоглобіном, перетворюючись в так званий ціанметгемоглобін:



При достатньо високій концентрації (Fe^{3+}) у крові в реакцію з ним вступить не тільки ОР, розчинена у плазмі крові, але і та, яка уже зв'язана з цитохромоксидазою, внаслідок чого активність ферменту відновлюється.

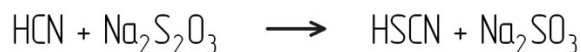
Метгемоглобін (Fe^{3+}) нездатний приєднувати кисень і брати участь у перенесенні його із легень до тканин. Тому, при використанні метгемоглобіноутворювачів необхідно дотримуватись норми, не допускати перетворення гемоглобіну в метгемоглобін більш ніж на 30%. В іншому випадку можуть спостерігатись явища, схожі на отруєння окисом вуглецю CO.

В якості метгемоглобіноутворювачів, що вводяться в організм підшкірно або внутрішньовенно у вигляді розчинів, можна використовувати нітрит натрію $NaNO_2$, деякі амінофеноли (наприклад, п-

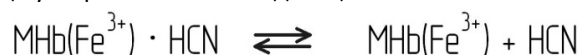
диметиламінофенол).

– другий:

Для знешкодження АС використовують наступні речовини: колоїдну сірку, тіосульфат натрію $Na_2S_2O_3$, які перетворюють ціаніди в нетоксичну роданістоводневу кислоту, наприклад:

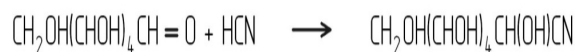


Швидкість цих реакцій невелика, тому краще застосовувати сірковмісні речовини у поєднанні з іншими антидотами. Так, наприклад, у випадку зв'язування АС метгемоглобіном, ціанметгемоглобін, що утворюється з часом дисоціює:

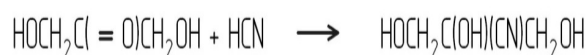


Для виведення із організму цієї отрути, яка поступово утворюється з ціанметгемоглобіну повністю придатні сірка або тіосульфати.

В якості профілактичних та лікувальних засобів при отруєннях АС і ціанідами використовують деякі альдегіди та кетони, що легко приєднують синильну кислоту до своїх карбонових груп. Найбільш відомі із них глюкоза:



або діоксиацетон:



Глюкоза окрім її здатності зв'язувати синильну кислоту, стимулює внутрішньо-тканинне дихання та серцево-судинну діяльність.

Захист від АС. Фільтруючий проти газ надійно захищає органи дихання від впливу АС. При ураженні АС слід застосувати антидот, наприклад амлінітрит. Роздавлену ампулу із антидотом вводять під лицьову частину проти газу, за необхідності роблять штучне дихання. Слід пам'ятати, що при вдиханні вмісту однієї ампули антидоту до 20 % гемоглобіну у крові перетворюється у метгемоглобін. Тому при наданні першої медичної допомоги ураженому рекомендується використовувати не більше двох ампул з амлінітритом. Синильну кислоту, що потрапила на шкіру, змивають 2 % розчином соди або водою з милом.

Для дегазації синильної кислоти придатні водні суспензії, приготовлені із 20 % їдкою натру $NaOH$ та 10 % розчину залізного купоросу (1 : 2 за об'ємом) [5, с. 76]. Можна обробити АС $NaOH$, утворений при цьому токсичний ціанистий натрій доцільно змішати з надлишком окисника, наприклад 10 % $KMnO_4$.

ОКИС ВУГЛЕЦЮ



Хімічна назва: окис вуглецю, карбоніл; умовна – чадний газ.

Окис вуглецю вперше отриманий в 1776 році

Ж. Лассоном (Франція). Починаючи з 1902 року, коли було здійснено каталітичне відновлення окису вуглецю до метану [1, с. 176].

Окис вуглецю – безбарвний отруйний газ [3,437], без запаху і смаку, густина 1,25 г/л (при температурі 0° С) і густиною відносно повітря 0,967, слаблорозчинний у воді (23,2 см³/л при температурі 20° С), температура кипіння мінус 191,5° С, температура замерзання мінус 205° С.

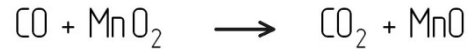
Окис вуглецю – кров'яна отрута, що викликає загальне отруєння організму при дії виключно через органи дихання. Із легень він потрапляє у кров, де з'єднується з гемоглобіном з утворенням карбоксигемоглобіну [5, с. 80]. Окис вуглецю має наближено у 250-300 разів більшу здатність із гемоглобіном і зв'язується з ним більш міцніше, ніж кисень, виключивши, таким чином, гемоглобін із процесу перенесення кисню із легень до тканин.

Окис вуглецю має кумулятивну дію. **Легкі отруєння** (вміст карбоксигемоглобіну у крові 10-15 %) головний біль, слабкість, здавлювання у грудях, нудота, блювота. **Середні отруєння** (20-35 % карбоксигемоглобіну у крові) синюшність шкіри обличчя, запаморочення. Важкі отруєння (вміст карбоксигемоглобіну у крові 60 %) відбувається втрата свідомості, судоми. Смерть настає від зупинки дихання.

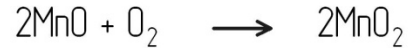
Література:

1. Александров, В. Н. Отравляющие вещества / В. Н. Александров, В. И. Емельянов ; под ред. Г. А. Сокольского. – Изд. 2-е, переработ. и дополн. – М. : Воениздат, 1990. – 270, [2] с.
2. Атаманюк, В. Г. Гражданская оборона / В. Г. Атаманюк, Л. Г. Ширшев, Н. И. Екимов. – М. : Высшая школа, 1986. – 207 с.
3. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – М.: Госхимиздат, 1956.–730с.
4. Егоров, П. Т. Гражданская оборона / П. Т. Егоров, И. А. Шляхов, Н. И. Алабин. – М. : Высшая школа, 1977. – 303 с.
5. Мельник, О. В. Цивільний захист : навчальний посібник / О. В. Мельник. – Бровари : ТОВ «АНФ ГРУП», 2014. – 232 с.
6. Стеблюк, М. І. Цивільна оборона / М. І. Стеблюк. – К. : Знання, 2006. – 487 с.
7. Учебник сержанта химических войск : утвержден нач. химических войск МО СССР / МО СССР, Управление нач. химических войск ; под ред. В. И. Бухтоярова. – Изд. 2-е, переработ. и дополн. – М. : Воениздат, 1988. – 263, [1] с. : ил.

Фільтруючий протигаз не захищає органи дихання від окису вуглецю. Однак до його коробки можна приєднати спеціальний гопкалітовий патрон, який складається із 60% MnO₂ та 40% CuO. На пористій поверхні гопкаліта відбувається окислення CO.



Відновлений каталізатор регенерується шляхом авто-окислення киснем повітря.



Людам, які уражені окисом вуглецю необхідні киснева вентиляція легень або чисте повітря, серцеві засоби, міцний солодкий чай. У важких випадках роблять штучне дихання.

Висновок. Вивчення отруйних речовин загально отруйної дії дозволить освітянам, у разі необхідності, надати першу медичну допомогу постраждалим, своєчасно приготувати та провести дегазацію об'єктів та приміщень, зберегти життя і здоров'я людей з проведенням необхідних профілактичних заходів.

Перспективи подальших досліджень. Вивчити можливість застосування сучасних каталізаторів окису вуглецю в захисних спорудах цивільного захисту.