

Демеркурізація – актуальна проблема сьогодення

Олександр Мельник, Ігор Ткаченко

Ключові слова: ртуть, оксид ртуті, отруєння ртуттю, хімічна реакція, механічний спосіб, хімічний спосіб.

Mercury, oxide of mercury, mercury poisoning, chemical reaction, mechanical method, chemical method.

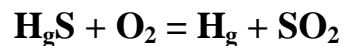
Надзвичайно бурхливий розвиток нанотехнологій, переоснащення сучасного виробництва, зміна кліматичних умов на Землі, як наслідок виникнення глобальних катастроф планетарного масштабу, є важливими мотиваційними чинниками, що висувають додаткові вимоги до відповідної підготовки студентів різнопрофільних напрямів (наказ МОН України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 969 / 922 / 216 від 21.10.2010) як майбутніх керівників навчальних закладів з питань захисту населення від впливу негативних факторів під час виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

У підручниках та посібниках «Цивільна оборона» значна увага приділяється питанням щодо дій людей в надзвичайних ситуаціях, їх умілому вмінню застосовувати засоби колективного та індивідуального захисту, правильно користуватись приладами радіаційної, хімічної розвідки та дозиметричного контролю. Актуалізуються такі поняття як дезактивація, дегазація, дезінфекція, дератизація, санітарна обробка людей, послідовність їх проведення, алгоритм приготування відповідних розчинів та рецептур. При цьому не висвітлюється у повній мірі таке поняття як демеркурізація. Тому і не дивно, що демеркурізація, способи та порядок її проведення, викликає велику складність не тільки серед

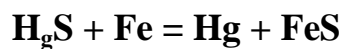
студентів, викладачів, а й серед провідних фахівців з питань цивільного захисту населення.

Роз'яснення з приводу вище зазначеного матеріалу, що таке демеркурізація та способи її проведення і має на меті дана стаття.

Ртуть – «меркурій» (латинська назва) названа за властивість її краплин швидко «бігати» твердою поверхнею в рідкому агрегатному стані, метал сріблясто-білого кольору, єдиний серед металів за кімнатної температури перебуває у рідкому агрегатному стані, рухливий, при ударі подрібнюється на дрібніші частини; замерзає за $t = -38,87^{\circ}\text{C}$, а кипить за $t = +356,9^{\circ}\text{C}$, питома вага – 13,55 [1]. У природі металева ртуть мало розповсюджена, вміст у земній корі складає всього $5 \cdot 10^{-6}$ вагового відсотка. Інколи трапляється у вигляді самородків, скроплена у гірські породи, але переважно існує у вигляді сульфіда ртуті HgS – кіноварі, мінерал яскраво червоного кольору і застосовується як червона фарба. Із кіноварі металева ртуть отримується простим обпалюванням у спеціальних печах. Під час цього процесу сірка згорає, утворюючи сірнистий газ, а ртуть виділяється у вигляді парів, зріджуючись у спеціальних охолоджувальних пристроях, а потім очищається перегонкою під невеликим тиском [1] :



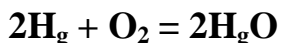
Також її можна отримати нагріванням кіноварі із залізом або оксидом кальцію:



Завдяки своїм унікальним властивостям металева ртуть знайшла своє застосування у багатьох галузях: наповнення різноманітних фізичних приладів – барометри, термометри, виготовлення кварцових ламп, гримучої ртуті – вибухової речовини, відділення самородного золота від неметалічних домішок, приготування мазі проти шкіряних хвороб тощо.

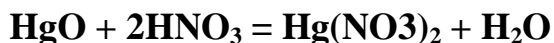
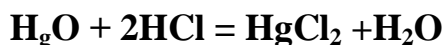
Ртуть має властивість розчинювати в собі багато металів, утворюючи з ними інколи рідкі, а інколи тверді сполуки, так звані амальгами, тому її можна зберігати в залізній посудині.

Ртуть – малоактивний метал, при звичайній температурі не окисляється. З киснем взаємодіє тільки при нагріванні вище 300⁰С, стає червоного кольору:



при температурі 400⁰С окис ртуті знову розкладається на ртуть і кисень.

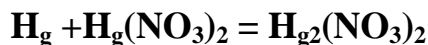
Оксид ртуті має тільки основні властивості, розчинюється у кислотах, з якими ртуть утворює легко розчинні солі [2]:



У воді оксид ртуті не розчинюється і при дії лугів на розчини солі ртуті двохвалентної оксид ртуті випадає в осад:



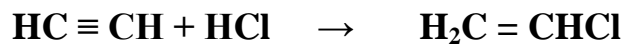
Ртуть, як і її оксид, розчинюється тільки в кислотах-окислювачах: в концентрованій сірчаній при нагріванні, в азотній – на холоді. В залежності від кількості ртуті утворюються солі ртуті в ступені окислення +1, +2:



Ртуть двохвалентна в хлориді **HgCl₂** (сулема) в надлишку металевої ртуті під час нагрівання відновлюється останньою до ртуті одновалентної:



Солі ртуті використовуються в цілому як каталізатори багатьох хімічних процесів. Так, наприклад, сіль двохвалентної ртуті сулема **HgCl₂** каталізує реакцію гідрохлорування ацетилену: (HgCl₂)



Сульфат ртуті HgSO_4 застосовують як каталізатор при гідратації ацетилену по реакції Кучерова [2]:(HgSO_4)

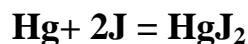


Водний розчин сулеми практично не проводить електричного струму. Таким чином, сулема є однією із небагатьох солей, які майже не дисоціюють в розчині на іони.

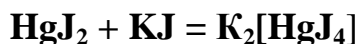
Сулема HgCl_2 , як і всі розчинні солі ртуті, – сильний яд. Однак, при малій концентрації (1:1000) використовується в медицині для дезінфекції.

Важкорозчинна каломель Hg_2Cl_2 – білий нерозчинний у воді порошок, використовується під час виготовлення стандартних електродів електрометричних приладів.

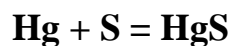
Йодид ртуті двохвалентної HgJ_2 випадає у вигляді гарного оранжево-червоного осаду при дії йодистого калію KJ на солі двохвалентної ртуті:



В надлишку йодистого калію сіль легко розчиняється, утворюючи езкольоровий розчин комплексної солі $\text{K}_2[\text{HgJ}_4]$.



Сульфід ртуті двохвалентної, або серниста ртуть HgS – досить стійка сполука, може бути отримана у вигляді чорної аморфної речовини або прямим з'єднанням сірки з ртуттю, що можна пояснити великою міцністю зв'язку Hg-S та рідким агрегатним станом ртуті, що полегшує її взаємодію з сіркою [2]:



Цю властивість слід застосовувати для зв'язування дрібних частинок розлитої ртуті.

Ртуть легко випаровується, її пари, як і її сполуки дуже отруйні, мають здатність накопичуватись в стінках, стелі та підлозі будинків, сорбуватись в них на глибині до 1 сантиметра.

Критерієм зараженості ртуттю навколишнього середовища є порівняльна характеристика виміряних концентрацій з нормами гранично допустимих концентрацій (ГДК) ртуті в повітрі різних об'єктів.

Діють наступні ГДК:

– норма граничних разових викидів на робочих місцях промислових виробництв до $0,01 \text{ мг/м}^3$;

– середньозмінна норма на робочому місці до $0,005 \text{ мг/м}^3$;

– для НДІ, вищих навчальних закладів, лабораторій, що працюють із ртуттю до $0,0017 \text{ мг/м}^3$;

– для житлових приміщень до $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Потрапивши до організму людини інгаляційним, пероральним або резорбтивним шляхом, ртуть легко акумулюється і не виводиться, залишається там на все життя, вражаючи центральну нервову та серцево-судинні системи. Відбувається інтоксикація організму, порушується діяльність судин головного мозку, можливі катаральні прояви у верхніх дихальних шляхах, кровотечі ясен. При сильному отруєнні виникає токсичний шок, болі в животі, металевий присмак у роті, блювання з кров'ю з вираженням гострої ниркової недостатності, що може призвести до незворотних біохімічних процесів в організмі, з наступним фатальним наслідком.

Отруєння ртуттю людини поділяють на гострі і хронічні. Гострі отруєння трапляються рідше, тому що вони пов'язані з виробничими аваріями, нещасними випадками тощо. Хронічні отруєння трапляються частіше, вони є наслідком вдихання малих концентрацій парів ртуті протягом тривалого часу. При такому отруєнні тривалий час ніяких проявів не відбувається, але згодом поступово підвищується стомлюваність, загальна слабкість організму, сонливість, з'являються головний біль, апатія й емоційна нестійкість.

Потрібно завжди пам'ятати, при потраплянні ртуті в шлунок, необхідно негайно виконати наступні дії:

- випити якомога більше (20-30) грамів активованого вугілля для негайної адсорбції отруйної речовини;

- декілька разів промити шлунок перманганатом калію KMnO_4 (марганцівка), або 2 % розчином NaHCO_3 (харчова сода) для вивільнення шлунку від реагентів адсорбції;

- застосувавши вище зазначені розчини, зробити зустрічну клізму;

- відразу звернутись за кваліфікованою медичною допомогою.

Розлив ртуті у побуті найчастіше трапляється під час необачного поводження людей з медичним термометром, який є у кожній оселі.

У такому випадку необхідно негайно приступити до демеркурізації цього приміщення – знезараження, нейтралізація ртуті, шкідливих її парів та сполук, що передбачає наступну послідовність виконання робіт:

- механічне очищення приміщення від видимих кульок ртуті;

- обробку забруднених поверхонь хімічними реагентами;

- вологе прибирання для ретельного видалення продуктів реакції ртуті з хімічними реагентами;

- тривале провітрення приміщень від залишкових парів ртуті.

Тільки після дбального проведення всіх зазначених заходів загроза здоров'ю та життю людини буде відсутня.

Механічне очищення полягає у ретельному видаленні приміщень, кімнат, або інших об'єктів від видимих частинок ртуті. Проводиться, як правило, за допомогою підручних засобів. Найкраще збирати частинки ртуті двома щільними листками паперу методом нагортання кульок на один із них або використовуючи лейкопластир, скоч (їхню клейку поверхню).

Для видалення частинок ртуті із щілин, заглиблень, важкодоступних місць слід використовувати мідний або латунний дріт попередньо промивши його ацетоном, з наступним занурюванням у розведену азотну кислоту для кращого амальгування [3].

Зібрані кульки ртуті, амальгований дріт слід розміщувати у залізному, або скляному посуді, що щільно закривається пробкою, заливаючи розчином, який містить в одному літрі 1KMnO_4 , 5мл концентрованої соляної кислоти HCL .

Ртуть через деякий час випадає в осад у вигляді Hg_2Cl_2 , як зазначалось вище каломель – білий нерозчинний у воді малотоксичний порошок.

Обробка забруднених поверхонь хімічними реагентами передбачає видалення, нейтралізацію дрібних частинок ртуті та адсорбованих поверхнею підлоги чи інших об'єктів парів ртуті, що не вдалося видалити механічним очищенням.

Існують наступні демеркуризатори [5]:

- 1) Сірка (S);
- 2) 20 %-й розчин хлорного заліза (FeCl_3);
- 3) 0,2 %-й водний розчин KMnO_4 + 5 моль HCL на 1 літр розчину;
- 4) 2-3 %-й розчин йоду в 30 % водному розчині йодистого калію (K J);
- 5) 20%-й розчин хлорного вапна (CaCl_2);
- 6) 4-5 %-й водний розчин полісульфідів (Na_2S і CaS);
- 7) 5-10 %-й розчин сірчистого натрію (Na_2SO_3)
- 8) 4-5 %-й розчин моно і діхлораміна;
- 9) 5-10 %-й розчин соляної кислоти (HCL);
- 10) 25-50 % водний розчин полі сульфіту натрію (Na_2SO_3)
- 11) 4 % розчин мила в 5 % водному розчині соди.

Розглянемо декілька із вище зазначених способів демеркуризації, враховуючи їх простоту і доступність.

Найбільш простим і відносно дешевим для зв'язування дрібних частинок розливої ртуті є спосіб посипання сіркою забруднених поверхонь, внаслідок чого, як

зазначалось вище утворюється HgS – досить стійка сполука. Після чого реагенти видаляють механічним способом.

Наступний також надійний хімічний спосіб демеркурізації ґрунтується на взаємодії ртуті з розчином $FeCl_3$ (хлорид заліза). Рекомендовано застосовувати 20% розчин. Для приготування 1 літру розчину беруть 200 г хлориду заліза на 800 г води, виконують на холоді з метою зменшення гідролізу хлориду заліза. Хлорид заліза у воді розчиняють невеликими порціями, адже реакція дуже активна. Розчин готують у кількості 10 літрів на 25-30 кв. м площі приміщення [3]. Поверхню, змочену розчином, декілька разів протирають і залишають до повного висихання на 1-2 доби. Після проведення демеркурізації поверхню промивають мильною водою для видалення хлорних та кисневих сполук ртуті. Треба пам'ятати, що зазначений спосіб викликає сильну корозію металів.

Більш швидким, але менш надійним, є спосіб демеркурізації ртуті розчином, в якому на 1 літр припадає 1 г перманганату калію і 5 мл соляної кислоти. Реакція ртуті проходить з вільним хлором і її продукт як наслідок, випадає в осад у вигляді Hg_2Cl_2 . Концентрація парів ртуті знизиться приблизно у два рази, зазначену роботу доцільно повторити декілька разів.

Ефективнішим, але більш трудомістким, є спосіб демеркурізації хлорним вапном ($CaCl_2$) і полісульфідом натрію (Na_2S). При обробці хлорним вапном утворюється каломель Hg_2Cl_2 , остання при взаємодії з розчином полісульфіду натрію перетворюється на сульфід ртуті HgS .

Хлорне вапно готують у вигляді суспензії -1 вагова частина хлорного вапна і 4 вагових частини води. Для отримання полісульфіду натрію беруть 1 кілограм кристалічного сульфід натрію і нагрівають до $105^0 C$ з поступовим додаванням 100 – 150 г меленої сірки для прискорення реакції і розчиняють у 10 -12 л води.

Поверхні, забруднені ртуттю спочатку обробляють хлорним вапном, через 2-3 години хлорне вапно змивають, і наносять розчин полісульфіду натрію з розрахунку

0,5 літрів розчину на 1 м² оброблювальної поверхні. Приміщення закривають і через добу миють теплою мильною водою для видалення реагентів, що брали участь у реакціях.

Одним із надійних, але складним у приготуванні і не дешевим в отриманні, є спосіб демеркурізації йодистим калієм. На стіни і підлогу приміщення за допомогою обприскувача наноситься розчин кристалічного йодистого калію К J (на 1 л води 1 г йоду і 10 г йодистого калію). Через 30 хвилин наноситься наступний розчин, що складається з одного об'єму сульфату міді CuSO₄ (30 г на 1 л води), двох об'ємів сульфату натрію Na₂SO₄ (180 г на 1 л води) і півтора об'єму бікарбонату натрію NaHCO₃ (40 г на 1 л води). Перших два змішуються до повного розчинення осаду, що утворився, а потім до отриманого прозорого розчину додається зазначений обсяг бікарбонату натрію [3, 4].

Усі роботи, які пов'язані із проведенням демеркурізації слід виконувати в захисних костюмах з використанням ізолюючих, або шлангових засобів індивідуального захисту органів дихання. Після проведення робіт одяг, забруднений ртуттю, підлягає демеркурізації або утилізації, а люди проходять санітарну обробку.

Таким чином, запропонована методика проведення демеркурізації, дає змогу сформулювати та узагальнити у студентів, викладачів, спеціалістів з питань надзвичайних ситуацій теоретичні знання та практичні навички щодо захисту себе та оточуючих від негативного впливу отруйних речовин, а саме ртуті, сприятиме прийняттю своєчасних конструктивних рішень на користь збереження життя та здоров'я людини.

Бібліографія

1. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – М.: Госхимиздат, 1956. – 730 с.
2. Справочник по элементарной химии / Под общей редакцией А.Т.Пилипенко. – Издание 2-е, переработ. и дополн. – К.: Наукова думка, 1978. – С. 313 – 315

3. Онищенко, Г. Обеззброїти меркурія / Геннадій Онищенко // Надзвичайна ситуація. – 2008. – № 4. – С. 54 – 56

4. Кот, Т. Ртуть убивча навіть у термометрі / Наталія Кот // Надзвичайна ситуація. – 2008. – № 10. – С. 32 – 34

Відомості про авторів:

Мельник Олександр Васильович – Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, викладач кафедри валеології.

м. Умань, вул. Глібка 17, кв. 55. Тел. 04744 31455

Ткаченко Ігор Анатолійович – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання УДПУ імені Павла Тичини.

м. Умань, вул. Тищика 11, кв. 78. Тел. 0952732215