

Гігієна, епідеміологія,
екологія

Hygiene, Epidemiology,
Ecology

УДК 502.173

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13820828>

РТУТЬВМІСТНІ ВІДХОДИ. ПІДХІД ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ЗГІДНО З ЗАКОНОМ УКРАЇНИ «ПРО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ»

Пихтєєва О.Г., Большой Д.В., Пихтєєва О.Д.

Український НДІ медицини транспорту МОЗ України

Одеський обласний клінічний центр

MERCURY-CONTAINING WASTE. APPROACH TO CLASSIFICATION ACCORDING TO THE LAW OF UKRAINE “ON WASTE MANAGEMENT”

Pykhtieieva O.G., Bolshoy D.V., Pykhtieieva O.D.

Ukrainian Research Institute of Transport Medicine, Ministry of Health of Ukraine

Odesa Regional Clinical Center

Summary/Резюме

The continuous circulation of mercury and its compounds in the environment is due to high volatility, stability, ability to dissolve in atmospheric precipitation, as well as high sorption by soil and solid particles of natural waters. Mercury is always found in environmental objects, food products of animal and plant origin, and as a consequence, in waste. The current approach, in which mercury-containing waste is automatically considered dangerous, without taking into account the concentration of mercury, seems unjustified and leads to significant financial costs for waste owners. In our opinion, it is necessary to specify what mercury content (%) makes the waste mercury-containing (that is, a priori dangerous). Now, from the analysis of the text of the document “Procedure for the classification of waste”, it can be indirectly concluded that it is a concentration of 0.1%, but this is not specifically indicated in the text. According to the above calculations, this concentration can be considered to be 0.25%, after which the waste becomes dangerous according to the “acute toxicity” indicator.

Keywords: *mercury, waste classification*

Постійний кругообіг ртуті та її сполук у довкіллі обумовлений високою леткістю, стійкістю, здатністю розчинятися у атмосферних опадах, а також високою сорбцією ґрунтом та твердими частками природних вод. Ртуть завжди знаходиться в об'єктах довкілля, харчових продуктах тваринного і рослинного походження, і як слідство, у відходах. Сучасний підхід, при якому ртутьвмістні відходи автоматично вважаються небезпечними, без врахування концентрації ртуті, здається невиправданим і призводить до суттєвих матеріальних витрат власників відходів. На наш погляд, треба конкретизувати, який вміст ртуті (%) робить відходи ртутьвмісними (тобто априорі небезпечними). Зараз, з аналізу тексту документа «Порядок класифікації відходів» опосередковано можна зробити висновок, що це концентрація 0,1%, але це конкретно не вказано в тексті. Згідно з наведеними розрахунками такою концентрацією можна вважати 0,25 %, після якого відход становиться небезпечним за показником «гостра токсичність».

Ключові слова: *ртуть, класифікація відходів*

Актуальність

Використання ртуті людством налічує багато століть. Завдяки комплексу унікальних фізичних та хімічних властивостей ртуть є обов'язковим компонентом багатьох виробничих процесів, використовується у великій кількості приладів та пристроїв. В ряді випадків її застосування значно полегшує або робить більш дешевим досягнення відповідних технічних та технологічних результатів [1]. Новітні технології виробництва хлору та їдких луг, що не використовують ртуть, у чотири-шість разів дорожчі за ртутно-катодні [2]. Ртутьвміщуючі елементи електроживлення є не тільки більш дешевими, але й мають кращі вольтамперометричні характеристики, більшу ємність, довговічність, ніж їх безртутні аналоги [3]. Тому не випадково, що незважаючи на заходи з обмеження використання ртуті, перелік небезпечних за цим показником виробництв залишається досить великим та багатогалузевим, а вимоги щодо повного виключення ртуті із сфери життєдіяльності людини технологами та експлуатаційниками вважаються передчасними [4, 5]. Запобігання негативного впливу ртуті на здоров'я людини і біосферу потребує проведення перманентного еколого-гігієнічного моніторингу [6, 7, 8].

Наша лабораторія протягом останніх 25 років займається токсикологією важких металів, в тому числі ртуті [9]. Нашими експериментальними і теоретичними роботами показано, що проблема забруднення довкілля ртуттю і вплив навіть низьких концентрацій ртуті на здоров'я населення не треба недооцінювати. Но і переоцінювати також не треба. Як добре відомо [10], глобальне розповсюдження ртуті обумовлено природними та техногенними джерелами. В останні 2,5 роки в Україні до шляхів забруднення довкілля важкими металами долучились бойові дії, які захопили всю територію країни, адже ракетні й дроніві обстріли вражають об'єкти в глибокому тилу. Раніше ми писали, що в порохових

газах застарілих боєприпасів (а саме вони найчастіше використовуються зараз), знаходиться значна кількість ртуті [11, 12]. Постійний кругообіг ртуті та її сполук у довкіллі обумовлений високою леткістю, стійкістю, здатністю розчинятися у атмосферних опадах, а також високою сорбцією ґрунтом та твердими частками природних вод [13, 14, 15]. Ртуть завжди знаходиться в об'єктах довкілля, харчових продуктах тваринного і рослинного походження, і як слідство, у відходах. ГДК ртуті в ґрунті встановлено на рівні 2 мг/кг. Вміст ртуті в крові ВООЗ вважає безпечним, якщо її концентрація не перевищує 25 мкг/л. Зазвичай, в Україні вміст ртуті в крові населення не перевищує 5 мкг/л. За роки війни за нашими спостереженнями збільшилась кількість людей, у яких вміст ртуті в крові наближається до токсикологічно-небезпечного рівня або перевищує його.

В останні роки, не дивлячись на активні бойові дії, уряд продовжує роботи зі зближення законодавчої бази України та ЄС. 20 жовтня 2023 р. Кабінетом Міністрів України в доповіді до Закону України «Про управління відходами» Постановою № 1102 був затверджений ПОРЯДОК класифікації відходів, який визначає процедуру проведення класифікації відходів за видами та властивостями з метою належного управління відходами, запобігання їх негативному впливу на здоров'я людей і навколишнє природне середовище або зменшенню такого впливу [16]. Цей документ є фактично перекладом Commission notice on technical guidance on the classification of waste (2018/C 124/01) [17]

Результати та їх обговорення

Згідно з Законом України «Про управління відходами» класифікація проводиться на основі, в тому числі:

- 1) відомих фактів про вміст і складові відходів, інформації про продукцію, паспорта безпечності;
- 2) наявності небезпечних речовин або компонентів із вмістом небезпечних

речовин;

- 3) визначення небезпеки за кожною властивістю згідно з додатком 1.

Закон вводить поняття «дзеркальних кодів» для тих відходів, які можуть бути класифіковані як за кодами небезпечних відходів, так і за кодами відходів, що не є небезпечними, залежно від наявності чи відсутності небезпечних речовин.

Для оцінки гострої токсичності (яка найбільш критична для сполук ртуті) застосовуються граничні значення для окремих речовин відповідно до додатка 1. У разі коли вміст небезпечної хімічної речовини у відходах нижче граничного значення, вона не включається до будь-якого розрахунку граничного значення.

Тобто, для оцінки безпечності-небезпечності відходу за токсикологічними показниками необхідно застосувати наступний механізм: визначити які небезпечні речовини є у відходах і яку небезпеку вони представляють, провести кількісний хімічний аналіз, провести розрахунки і встановити, чи є відходи небезпечними.

Такі правила діють для майже всіх хімічних речовин, крім ртуті.

Подивимось на практичному прикладі, які протиріччя виникають при оцінці небезпеки ртутьвміщуючих відходів, яким зараз найчастіше є відходи ртутних (люмінесцентних) ламп.

Відходи утворюються в результаті заміни люмінесцентних ламп, що застосовуються для потреб внутрішнього освітлення адміністративних і побутових приміщень, а також зовнішнього освітлення території підприємства. Відходи є зіпсо-

ваними (перегорілими) люмінесцентними ртутними лампами низького тиску та ртутними лампами високого тиску.

Власник відходів на підставі лабораторних досліджень і літературних даних надає наступний склад відходів: скло спеціальне для освітлювальних приладів - 80,0%, елементи електричні контактні з алюмінієвого сплаву - 4,2%; люмінофор - 3,0%, пластик - 12,6 %; вольфрам і його сполуки - 0,08%; пари ртуті - 0,12%. Вміст 0,12 % означає вміст ртуті 1,2 г/кг. Безумовно, в сучасних умовах лампи ніколи не будуть містити таку кількість ртуті. Вага середньої лампи 18 Вт (лампа для освітлення приміщень коротка, 590 мм довжиною) близько 50 г. Вміст ртуті в ній 3-5 мг, тобто легко розрахувати, що реальний вміст ртуті в неушкодженій лампі 0,01%. Тобто, заявлений вміст ртуті 0,12% взятий з великим перевищенням.

На першому етапі на підставі токсикологічних даних (Паспорти безпеки, MSDS) необхідно виявити Н-фрази (GHS Hazard Statements), які характеризують небезпечність кожного з компонентів відходів. В нашому випадку – це ртуть в елементному вигляді.

Контрольні значення щодо наявності небезпечних властивостей у відході встановлені у Додатку 1 до Порядку

Таблиця 1

Небезпечні компоненти ртутьвміщуючих відходів та вид токсичної дії

Порядковий номер	Найменування показників		Вміст токсичного компоненту, %	Визначені фізичні, біологічні та мікробіологічні значення досліджень										Одиниці, в яких надаються результати
	Код	Показник*		Подразнювальна здатність	Вибіркова токсичність для окремих органів-мішеней (ВОМ)/токсичність при аспірації	Гостра токсичність	Канцерогенність	Корозивність	Токсичність для репродуктивної системи	Мутагенність	Сенсибілізуюча здатність	Екотоксичність	Інше	
1	C16	Ртуть; сполуки ртуті (пари)	0,12	—	H372	H300; H330; H310	—	—	H360	—	—	H400; H410	—	%

Примітка: *Результати за даними документальної експертизи

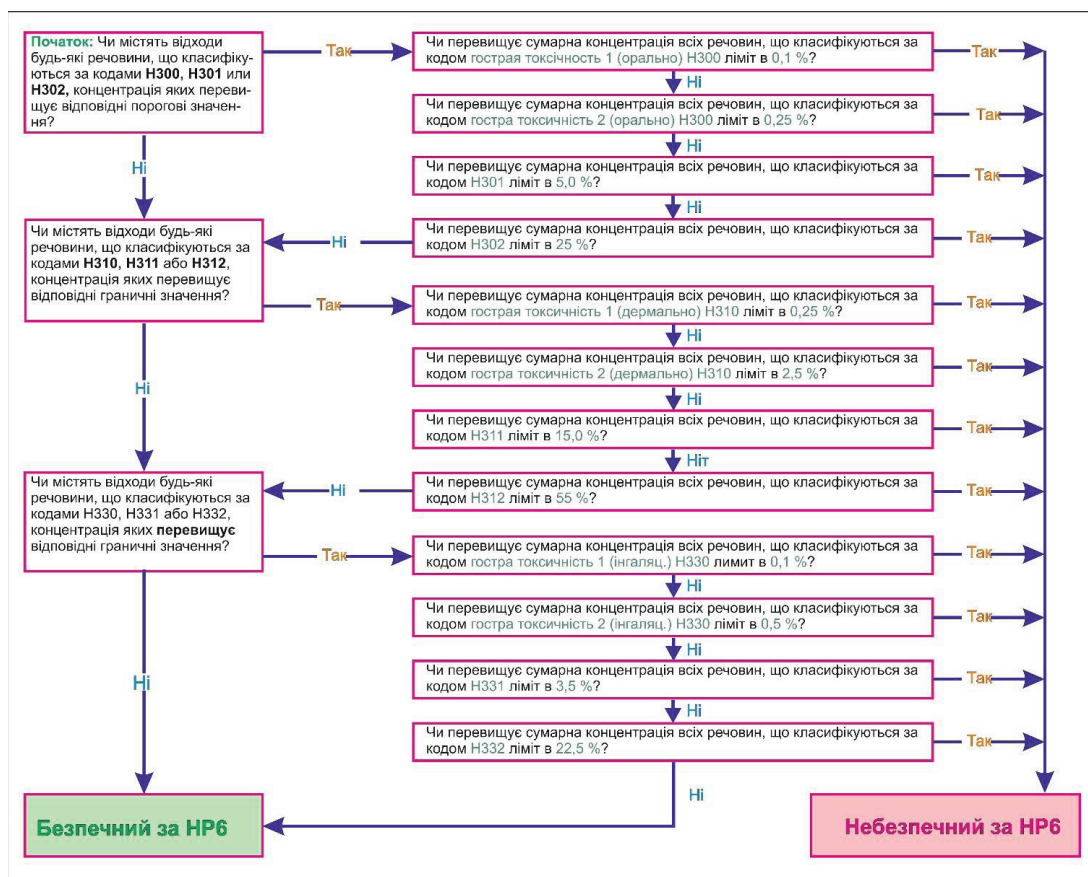


Рис. 1. Алгоритм визначення небезпечності відходів

класифікації відходів, затвердженого постановою КМУ від 20.10.2023р. №1102.

Далі за алгоритмом (рис. 1), який наведений в документі «Commission notice on technical guidance on the

Таблиця 2

Розрахований за результатами випробувань сумарний вміст речовин з відповідними H-фразами (GHS Hazard Statements) та визначення безпечності/небезпечності за відповідним фактором

GHS Hazard Statements	Вид токсичної дії	Сума по кодах, %	Порог, %	Ліміт	Висновок
H300	Гостра токсичність	0,12	0,1	0,25	Норма
H301	Гостра токсичність	0	0,1	5	Норма
H302	Гостра токсичність	0	1	25	Норма
H303	Гостра токсичність	0	1	100	Норма
H310	Подразнювальна здатність	0,12	0,1	0,25	Норма
H315	Подразнювальна здатність	0	1	20	Норма
H317	Сенсибілізуюча здатність	0	10	10	Норма
H318	Подразнювальна здатність	0	1	10	Норма
H319	Подразнювальна здатність	0	1	20	Норма
H330	Гостра токсичність	0,12	0,1	0,5	Норма
H332	Гостра токсичність	0	1	22,5	Норма
H341	Мутагенність	0	0,1	1	Норма
H350	Канцерогенність	0	0,1	0,1	Норма
H351	Канцерогенність	0	1	1	Норма
H360	Токсичність для репродуктивної системи	0,12	0,3	0,3	Норма
H361	Токсичність для репродуктивної системи	0	0,3	3	Норма
H372	Вибіркова токсичність для окремих органів-мішеней (BTOM)/токсичність при аспірації	0,12	1	1	Норма
H400	Екотоксичність	0,12	0,1	25	Норма
H410	Екотоксичність	0,12	0,1	25	Норма
H411	Екотоксичність	0	0,1	25	Норма

classification of waste (2018/C 124/01)» проводиться аналіз таблиці 1 і відповідні розрахунки. Зазвичай, в складних відходах присутні декілька речовин з однаковим механізмом дії.

Результати розрахунку відповідно до контрольних значень наведені в таблиці 2

З даних табл. 2 можна побачити, що навіть при завищеній заявленій концентрації ртуті в відході, він є безпечним за всіма показниками,

які потребують кількісного визначення. Проводимо повну оцінку відходу (табл. 3)

Як можна побачити з табл. 2, мінімальна концентрація ртуті у відході, яка зробить його небезпечним, 0,25% (показник - НВ 6 Гостра токсичність), тобто 2,5 г ртуті на 1 кг відходу. В 99 % випадків така концентрація ртуті в відході не може бути досягнена. Небезпечний по ртуті відхід може містити старовинні апарати для виміру тиску, ртуть (як лабораторний реактив), ртутні термометри (медичні і лабораторні).

Але згідно з затвердженим порядком класифікації відходів наявність ртуті автоматично робить відходи небезпечними і дзеркальних кодів для них не передбачається.

Всі відходи, які містять ртуть - небезпечні:

05 07 01* Відходи, що містять ртуть (Відходи очищення та транспортування природного газу)

06 04 04* Відходи, що містять ртуть (Металовмісні відходи інші, ніж зазначені у підгрупі 06 03)

06 07 03* Шлами сульфату барію, що містять ртуть (Відходи виробництва, приготування, постачання та використання галогенів і галогенових хімічних процесів)

10 14 01* Відходи від очищення відхідних газів, що містять ртуть

Таблиця 3

Оцінка небезпечності відходу згідно з Додатком 3 до Закону України від 20 червня 2022 року № 2320-IX

Властивості, що роблять відходи небезпечними	Наявність
НВ 1 Вибухонебезпечність: відходи, здатні до хімічної реакції з виділенням газу за такої температури, тиску та з такою швидкістю, що можуть завдати шкоди навколишньому природному середовищу	Відсутня
НВ 2 Окисна здатність: відходи, які, виділяючи кисень, викликають або сприяють горінню інших матеріалів	Відсутня
НР 3 Легкозаймистість	Відсутня
НВ 4 Подразнювальна здатність — подразнення шкіри чи пошкодження очей	Відсутня
НР 5 Вибіркова токсичність для окремих органів-мішеней (ВТОМ) /Токсичність при аспірації: відходи, які можуть виявляти вибірково токсичність для окремих органів за одноразового або повторюваного впливу, або які можуть спричинити гострі токсичні ефекти внаслідок аспірації	Відсутня
НВ 6 Гостра токсичність: відходи, які можуть спричинити гострі токсичні ефекти після перорального надходження, потрапляння на шкіру або під час вдихання	Відсутня
НВ 7 Канцерогенність: відходи, які провокують онкологічні хвороби або збільшують вірогідність захворювання на такі хвороби	Відсутня
НВ 8 Корозивність: відходи, які при контакті можуть викликати роз'їдання шкіри	Відсутня
НВ 9 Інфекційність: відходи, які містять життєздатні мікроорганізми або їх токсини, які є або вважаються такими, що викликають захворювання у людей чи інших живих організмів	Відсутня
НВ 10 Токсичність для репродуктивної системи: відходи, які негативно впливають на статеву функцію та репродуктивність дорослих чоловіків і жінок, а також справляють токсичну дію на розвиток потомства	Відсутня
НР 11 Мутагенність: відходи, які можуть викликати мутацію, тобто постійні зміни в кількості або структурі генетичного матеріалу в клітині	Відсутня
НВ 12 Здатність виділяти гостротоксичний газ: відходи, які при контакті з водою або кислотою виділяють гостротоксичні гази	Відсутня
НВ 13 Сенсibiliзуюча здатність: відходи, які містять одну або більше хімічних речовин, про які відомо, що вони спричиняють сенсibiliзацію (алергічну реакцію) на шкірі або в дихальних шляхах	Відсутня
НР 14 Екотоксичність: відходи, які становлять або можуть становити безпосередній або віддалений ризик для навколишнього природного середовища	Відсутня

(Відходи кремації)

16 01 08* Компоненти, що містять ртуть (Транспортні засоби різних видів (включаючи машини позадорожнього призначення), зняті з експлуатації, відходи від демонтажу транспортних засобів, знятих з експлуатації, і від обслуговування транспортних засобів (крім зазначених у групах 13, 14 та у підгрупах 16 06, 16 08)

16 06 03* Ртутьвмісні батареї (Батареї та акумулятори)

16 12 33* Компоненти відходів руйнувань, що містять ртуть (Відходи, що утворилися через пошкодження (руйнування) будівель та споруд внаслідок бой-

ових дій, терористичних актів, диверсій або проведення робіт з ліквідації їх наслідків)

16 12 37* Люмінесцентні лампи та інші ртутьмісні відходи

17 09 01* Відходи будівництва і знесення будівель, що містять ртуть

20 01 21* Люмінесцентні лампи та інші ртутьмісні відходи (Окремо зібрані фракції побутових відходів (крім зазначених за кодом 15 01)

Такий підхід, при якому ртутьмісні відходи автоматично вважаються небезпечними, без врахування концентрації ртуті, здається невиправданим і призводить до суттєвих матеріальних витрат власників відходів. Крім того не ясно, яка принципова відмінність між ртуттю і іншими небезпечними компонентами відходів.

На наш погляд, треба конкретизувати, який вміст ртуті (%) робить відходи ртутьмісними (тобто апіорі небезпечними).

Стосовно відходу, який ми взяли для прикладу, концентрація ртуті в ньому не робить відходи небезпечними, якщо проводити розрахунок за наведеним алгоритмом.

З іншого боку, чи закликаємо ми не проводити збір і утилізацію ртутних ламп? Звичайно ні. Переробка ртутних ламп дозволяє отримати цінну сировину – склобій та алюміній, а в сучасних апаратах з переробки ртутних ламп можливо відновлювати і збирати ртуть.

Головна мета Закону України «Про управління відходами» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75) за рахунок правових, організаційних, економічних засад сприяти діяльності щодо запобігання утворенню, зменшенню обсягів відходів, зниження негативних наслідків від діяльності з управління відходами, сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклінгу і відновленню з метою запобігання їх негативному впливу на здоров'я людей та навколишнє природне середовище. В

важких економічних умовах війни погляд на небезпечність ртутьмісних відходів необхідно привести до оптимуму економічних, природоохоронних і захищаючих здоров'я людей рамок на основі науково-обґрунтованих концентрацій ртуті в відходах, при перевищенні яких відходи повинні вважатися небезпечними.

Література

1. Daniel Hryhorczuk, Victoria Persky, Julie Piorkowski et oth. Residential Mercury Spills from Gas Regulators. // Environ. Health Perspect., 2006. – Vol. 114. – Iss. 9. – P. 848–852.
2. Occupational Health for All. Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace /Ed. by M.I. Mikheev. Chapter 3.4. K.H. Schaller. Inorganic mercury. – Geneva: WHO, 1996. – Vol. 1. – P. 132-155.
3. Сусликов В.Л. Современные проблемы и перспективы медицинской микроэлементологии // Микроэлементы в медицине, 2000. – Т. 1. - № 1. – С. 9-15.
4. Mercury rising // Chemistry World, 2006. – Vol. 3. – No. 12. – P. 6.
5. Pacyna, E. G., Pacyna, J. M., Steenhuisen, F. & Wilson, S. Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. Atmospheric environment 40, 4048–4063 (2006).
6. Biological monitoring of child lead exposure in the Czech Republic / Cikrt M., Smerhovský Z., Blaha K. et al. // Environ. Health Perspect., 1997. – Vol. 105. – Iss. 4. – P. 406-411.
7. Robson M. Methodologies for assessing exposures to metals: human host factors // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2003. – Vol. 56. – Iss. 2. – P. 104-43.
8. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. / И.М.Трахтенберг, М.Н. Коршун, Киев, 1990.
9. Большой Д. В. Гигиенические значения особенностей токсикокинетики, токсикодинамики и биотрансформации малых доз ртути : дис.... канд. биол. наук : спец. 14.02.01 / Д. В. Большой - К., 2007 – 167 с.
10. Большой Д. В., Пихтеева О. Г., Трахтенберг И. М., Шафран Л. М. Ртуть у XXI століття: від постановки проблеми до її вирішення : монографія / Під ред.: ак.НАМНУ І. М. Трахтенберга, проф. Л. М.Шафрана. – Одеса : Фенікс, 2020. – 240
11. Пихтеева О.Г., Большой Д.В. До питання щодо актуальності нефро- і гепатопротекції військовослужбовців у фронтових умовах для зменшення віддалених наслідків

- токсичної дії порохових газів.. 2022. № 2 (68). С. 7-14.
12. Gebka K., Beidowski J., Beidowska M. The impact of military activities on the concentration of mercury in soils of military training grounds and marine sediments // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – Т. 23. – №. 22. – С. 23103-23113.
 13. Malm O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon // Environ. Research, Sec. A, 1998. – Vol. 77. – Iss. 1. – P. 73-78.
 14. Carpi A, Chen YF. 2001. Gaseous elemental mercury as an indoor air pollutant // Environ. Sci. Technol., 2001. – Vol. 35. – P. 4170–4173.
 15. Subir, M., Ariya, P. A & Dastoor, A. P. A review of the sources of uncertainties in atmospheric mercury modeling II. Mercury surface and heterogeneous chemistry – A missing link. Atmos Environ 46, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.047> (2012).
 16. Порядок класифікації відходів. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102
 17. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409(01))
 7. Robson M. Methodologies for assessing exposures to metals: human host factors // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2003. – Vol. 56. – Iss. 2. – P. 104-43.
 8. I.M. Trachtenberg Mercury and its compounds in the environment. / I.M. Trachtenberg, M.N. Korshun, Kyiv, 1990.
 9. Bolshoyi D. V. Hygienic significance of the features of toxicokinetics, toxicodynamics and biotransformation of small doses of mercury: diss... candidate. biol. Sciences: specialist 02/14/01 / D.V. Bolshoi - K., 2007 – 167 p.
 10. Bolshoi D. V., Pykhteeva O. G., Trachtenberg I. M., Shafran L. M. Mercury in the 21st century: from problem formulation to its solution: monograph / Edited by: ak.NAMNU I. M. Trachtenberg, Prof. L. M. Shafran. – Odesa: Phoenix, 2020. – 240
 11. Pikhteeva O.G., Bolshoi D.V. Regarding the relevance of nephro- and hepatoprotection of servicemen in front-line conditions to reduce the remote consequences of the toxic effect of powder gases.. 2022. No. 2 (68). P. 7-14.
 12. Gebka K., Beidowski J., Beidowska M. The impact of military activities on the concentration of mercury in soils of military training grounds and marine sediments // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – Vol. 23. – No. 22. – P. 23103-23113.
 13. Malm O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon // Environ. Research, Sec. A, 1998. – Vol. 77. – Iss. 1. – P. 73-78.
 14. Carpi A, Chen YF. 2001. Gaseous elemental mercury as an indoor air pollutant // Environ. Sci. Technol., 2001. – Vol. 35. – P. 4170–4173.
 15. Subir, M., Ariya, P. A & Dastoor, A. P. A review of the sources of uncertainties in atmospheric mercury modeling II. Mercury surface and heterogeneous chemistry – A missing link. Atmos Environ 46, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.047> (2012).
 16. Waste classification procedure. Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of October 20, 2023 No. 1102
 17. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409(01))

References

1. Daniel Hryhorczuk, Victoria Persky, Julie Piorkowski et oth. Residential Mercury Spills from Gas Regulators. // Environ. Health Perspect., 2006. – Vol. 114. – Iss. 9. – P. 848–852.
2. Occupational Health for All. Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace /Ed. by M.I. Mikheev. Chapter 3.4. K. H. Schaller. Inorganic mercury. – Geneva: WHO, 1996. – Vol. 1. – P. 132-155.
3. Suslykov V.L. Modern problems and perspectives of medical microelementology / / Microelements in medicine, 2000. – Vol. 1. – No. 1. – P. 9-15.
4. Mercury rising // Chemistry World, 2006. – Vol. 3. – No. 12. – P. 6.
5. Pacyna, E. G., Pacyna, J. M., Steenhuisen, F. & Wilson, S. Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. Atmospheric environment 40, 4048–4063 (2006).
6. Biological monitoring of child lead exposure in the Czech Republic / Cikrt M., Smerhovský Z., Blaha K. et all. // Environ. Health Perspective., 1997. – Vol. 105. – Iss. 4. – P. 406-411.
7. Robson M. Methodologies for assessing exposures to metals: human host factors // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2003. – Vol. 56. – Iss. 2. – P. 104-43.
8. I.M. Trachtenberg Mercury and its compounds in the environment. / I.M. Trachtenberg, M.N. Korshun, Kyiv, 1990.
9. Bolshoyi D. V. Hygienic significance of the features of toxicokinetics, toxicodynamics and biotransformation of small doses of mercury: diss... candidate. biol. Sciences: specialist 02/14/01 / D.V. Bolshoi - K., 2007 – 167 p.
10. Bolshoi D. V., Pykhteeva O. G., Trachtenberg I. M., Shafran L. M. Mercury in the 21st century: from problem formulation to its solution: monograph / Edited by: ak.NAMNU I. M. Trachtenberg, Prof. L. M. Shafran. – Odesa: Phoenix, 2020. – 240
11. Pikhteeva O.G., Bolshoi D.V. Regarding the relevance of nephro- and hepatoprotection of servicemen in front-line conditions to reduce the remote consequences of the toxic effect of powder gases.. 2022. No. 2 (68). P. 7-14.
12. Gebka K., Beidowski J., Beidowska M. The impact of military activities on the concentration of mercury in soils of military training grounds and marine sediments // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – Vol. 23. – No. 22. – P. 23103-23113.
13. Malm O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon // Environ. Research, Sec. A, 1998. – Vol. 77. – Iss. 1. – P. 73-78.
14. Carpi A, Chen YF. 2001. Gaseous elemental mercury as an indoor air pollutant // Environ. Sci. Technol., 2001. – Vol. 35. – P. 4170–4173.
15. Subir, M., Ariya, P. A & Dastoor, A. P. A review of the sources of uncertainties in atmospheric mercury modeling II. Mercury surface and heterogeneous chemistry – A missing link. Atmos Environ 46, 1–10, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.047> (2012).
16. Waste classification procedure. Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of October 20, 2023 No. 1102
17. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018XC_0409(01))

*Вперше надійшла до редакції 05.07.2024 р.
Рекомендована до друку на засіданні
редакційної колегії після рецензування*