

УДК 504.3.054

В. М. ОЛЕКСЕНКО¹, д-р пед. наук, проф., **В. В. ОЛЕКСЕНКО²**

¹Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва
м. Харків, п/в Комуніст 1,

kafedra2012@rambler.ru, orcid.org/0000-0002-1798-8970

²Комунальний заклад «Обласна спеціалізована школа-інтернат «Обдарованість»
м. Харків, вул. Миру 102, vvvlad2003@ukr.net

УСТАНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ НЕУТИЛІЗОВАНИМИ БАТАРЕЙКАМИ

Експериментально доведено факт забруднення атмосферного повітря батарейками. Враховано, що хімічний склад батарейок, шкідливими речовинами яких є манган, кадмій, нікол, цинк, ртуть, луг, свинець та ін., змінюється після використання. Проаналізовано можливість застосування відомих методів до виявлення забруднення повітря викинутими батарейками, з'ясовано їхню обмеженість. Вперше запропоновано метод для встановлення гранично можливої концентрації деяких шкідливих речовин у повітрі від неутілізованих батарейок. Метод вирізняється швидким результатом, можливістю використання без матеріально-технічної бази, а його специфікою є застосування виключно для батарейок. Обґрунтовано введення нового поняття критичної маси. Визначено біоіндикатори на шкідливі речовини для повітря, що містяться в батарейках: *Aster L.*, *Pulsatilla Adans.*, *L. sativum L.* та інші рослини.

Ключові слова: батарейка, біоіндикатор, забруднення повітря, концентрація, метод, шкідлива речовина

Oleksenko V. M., Oleksenko V. V. ESTABLISHING POLLUTION OF THE AIR BY UNUTILISED BATTERIES

The fact of pollution of the atmospheric air by batteries is proved experimentally in the article. It is taken into account that the chemical composition of batteries, the harmful substances of which are manganese, cadmium, nickel, zinc, mercury, alkali, plumbum and others, change after their usage. The possibility of using the well-known methods as for establishing pollution of the air by thrown out batteries is analyzed. Their limited nature is revealed. For the first time the method for establishing limited possible concentration of some harmful substances for the air from unutilized batteries is proposed. The method is distinguished by a prompt result, the possibility to use without material and technical base, and its specific character is in application exceptionally for batteries. The introduction of the new notion of critical mass is grounded. Bioindicators for harmful substances for the air that batteries contain, are defined. They are *Aster L.*, *Pulsatilla Adans.*, *L. sativum L.* and other plants.

Key words: battery, bioindicator, pollution of the air, concentration, method, harmful substance

Олексенко В. М., Олексенко В. В. УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НЕУТИЛИЗИРОВАННЫМИ БАТАРЕЙКАМИ

Експериментально доказан факт загрязнення атмосферного воздуха батарейками. Учтено, что химический состав батареек, вредными веществами которых являются марганец, кадмий, никель, цинк, ртуть, щелочь, свинец и др., изменяется после использования. Проанализирована возможность использования известных методов для выявления загрязнения воздуха выброшенными батарейками, выяснена их ограниченность. Впервые предложен метод для установления предельно возможной концентрации некоторых вредных веществ в воздухе от неутілізованных батареек. Метод отличается быстрым результатом, возможностью использования без материально-технической базы, а его спецификой является применение исключительно для батареек. Обосновано введение нового понятия критической массы. Определены биоиндикаторы на вредные вещества для воздуха, которые находятся в батарейках: *Aster L.*, *Pulsatilla Adans.*, *L. sativum L.* и другие растения.

Ключевые слова: батарейка, биоиндикатор, загрязнение воздуха, концентрация, метод, вредное вещество

Вступ

Постановка проблеми. Погіршення екологічного стану повітря в усьому світові визначає нагальну потребу щодо пошуку нових ефективних методів оцінювання забруднення атмосфери та його мінімізації. Очевидний зв'язок проблеми забруднення

повітря з важливими теоретичними та практичними завданнями забезпечення екологічної безпеки держави та здоров'я людини, що визначається найвищою соціальною цінністю згідно з Конституцією України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про стурбованість

учених екологічним станом повітря. Аналіз звітів, доповідей департаментів екології та природних ресурсів деяких обласних державних адміністрацій за останні роки дозволив дійти висновку, що найвагомішими забруднювачами повітря є підприємства та транспортні засоби. Розрахунок забруднення атмосфери викидами промислових підприємств виконується за «Методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств» (ОНД-86) або за «Збірником методик розрахунку викидів в атмосферу забруднювальних речовин». Згідно з Законом України «Про охорону атмосферного повітря» розроблено єдиний порядок визначення величин фонові концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. Величина фонові концентрації – це статистично достовірна максимальна концентрація, яка має визначатись за даними фактичних спостережень, причому беруться до уваги тільки статистично і кліматологічно однорідні ряди спостережень [1].

У зв'язку з ратифікацією Україною Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату Державним комітетом статистики України затверджено «Методику розрахунку викидів забруднюючих речовин і парникових газів у повітря від транспортних засобів». У результаті замість трьох методик визначено одну вдосконалену й розширено перелік хіміч-

них речовин, для яких визначають обсяги викидів, зокрема пльомбуму. Методика теж ґрунтується на статистичних даних у рамках адміністративно-територіального устрою України. Зауважимо, що викиди пльомбуму за цією методикою визначаються лише від споживання етильованого бензину [2].

Щодо батарейок, то в Україні таких офіційних статистичних даних немає. Як же тоді визначити шкоду від викидання батарейок? За даними вчених із агентства з охорони навколишнього середовища США, на долю батарейок припадає понад 50 % токсичних викидів із усіх побутових відходів.

У вітчизняних дослідженнях теоретично не доведено негативний вплив викинутих батарейок на стан повітря та рівень цієї шкоди, не зважаючи на активний волонтерський рух, мета якого – збирати відпрацьовані батарейки в Україні. Установлення забруднення повітря батарейками сприятиме суспільному усвідомленню їхньої шкоди та дбайливого поводженню з такого роду сміттям, що покращить екологічний стан повітря в цілому.

Мета дослідження – проаналізувати можливість застосування відомих методів до виявлення забруднення повітря неутілізованими батарейками і на їхній основі створити новий для встановлення гранично можливої концентрації шкідливих речовин у повітрі від викидання батарейок.

Результати та обговорення

Відрізнятимемо поняття «викидання» й «утилізація» батарейок. Викинуті батарейки вважаємо неутілізованими. Порівняно з іншими побутовими відходами проблема утилізації й переробки вже непотрібних батарейок є набагато складнішою. Адже батарейки – це хімічні пристрої, елементи яких вступають у реакцію й виділяють на виході електрику, яку ми використовуємо. Саме ці елементи токсичні та небезпечні. Відомо, що використані батарейки містять важкі метали — манган, кадмій (шкодять легеням і ниркам), нікол і цинк (можуть викликати дерматит), меркурій (уражає мозок і нервову систему), луг (вадить слизовим оболонкам і шкірі), пльомбум (призводить до хронічного

отруєння) та інші. Якщо батарейки викидають на сміттєзвалище, під впливом повітря й атмосферних опадів їх металеве покриття підлягає корозії. У результаті важкі метали, які вони містять, потрапляють у ґрунт, а з нього – в ґрунтові води. Якщо ж батарейки спалюють на сміттєспалювальному заводі, то всі токсичні матеріали потрапляють в атмосферу.

Щороку в світі викидають близько 15 мільярдів батарейок, а на долю кожної української сім'ї щорічно припадає до 500 грамів використаних елементів постачання. Переважна більшість із них опиняються в звичайних смітниках, забруднюючи довкілля. Відомо, що одна батарейка

забруднює шкідливими компонентами 400 л води та 20 м² ґрунту [3].

Україна сьогодні перебуває серед країн із найвищими обсягами утворення й нагромадження відходів. І можна лише уявити, яку шкоду завдають електронні відходи екології та здоров'ю людей. Проведені нами навіть приблизні розрахунки показують, що в Україні до повітря й ґрунтових вод щороку потрапляє тільки меркурію десятки кілограм.

У ході експериментального дослідження, беремо дві однакові чисті порожні літрові банки. З келиха, наповненого 1 літром води, налили по 500 грам у кожен з цих банок. В одну з них поклали 5 батарейок середнього розміру. Банки знаходились в однакових умовах, стояли поруч. Через чотири доби в банці без батарейок вода не змінила ні кольору, ні запаху. В іншій колір став бурокоричневий, у воді з'явилися якісь домішки, і виділявся бридкий запах, що свідчить про забруднення батарейками повітря.

З'ясуємо, які з відомих методів практично можна застосувати до визначення ступеню забруднення повітря неутілізованими батарейками. Значну кількість методів розкрито в [4].

Мікрооб'ємний метод ґрунтується на поглинанні речовини титруванним розчином луги й зворотному титруванню розчину надлишку луги кислотою. У якості луги використовують їдкий барій, титрування проводять соляною кислотою. Цей метод використовують для визначення в повітрі оксиду та двооксиду карбону, вуглеводнів.

Фотометричні методи аналізу базуються на вимірюванні інтенсивності світлопоглинання забарвленими розчинами. Колориметричний візуальний метод базується на здатності деяких забарвлених розчинів до світлопоглинання пропорційно концентрації речовин, що викликають забарвлення. Інтенсивність забарвлення пробного розчину порівнюють із забарвленням серії стандартних шкал, виготовлених на основі стандартних розчинів або стійких розчинів, що імітують необхідне забарвлення.

Фотоелектроколориметричний метод базується на вимірюванні послаблення інтенсивності світлового потоку, що

пройшов крізь забарвлений розчин. Приймачем променевої енергії є фотоелемент. Струм, який виникає, вимірюють за допомогою гальванометра. Сила фотоструму для монохроматичного потоку світлової енергії прямо пропорційна інтенсивності випромінювання, що падає на фотоелемент. Чутливішим і точнішим, ніж фотоелектроколориметричний є спектрофотометричний метод, який базується на спектрально вибіркового поглинанні монохроматичного потоку світлової енергії при проходженні його потоку крізь розчин, що досліджується. Метод дозволяє визначати концентрації окремих компонентів сумішей забарвлених речовин, що мають максимум поглинання при різних довжинах хвиль. Нефелометричний метод базується на явищі Тиндаля – розсіюванні світла твердими частками, які знаходяться у суспензійному стані в розчинах. Для вимірювання оптичної щільності каламутних розчинів застосовують універсальні фотоелектричні мікроколориметри – нефелометри. Приймачами світлової енергії є два сурмяноцезієвих фотоелементи.

Люмінесцентний метод базується на здатності деяких речовин віддавати енергію, яку вони поглинають, у вигляді світлового випромінювання. Якщо по закінченні процесу збудження люмінесценція практично припиняється, то явище має назву флуоресценція, коли ж люмінесценція триває протягом деякого часу, – фосфоресценція. Оцінку інтенсивності флуоресценції виконують візуально або фотоелектричним методом за допомогою фотоелементів. Сила фотоструму в певному інтервалі прямо пропорційна концентрації речовини, яку визначають за градуїваним графіком.

Хроматографічний метод розроблений для роздільного визначення речовин, що знаходяться в складних газових або рідинних сумішах. Суміш пропускається крізь колонку, в якій наявні дві фази речовини: нерухома та рухома. У залежності від природи речовин, що складають досліджувану суміш, при аналізі використовують різні види хроматографії – іонообміну, розподільчу, газову тощо. Нагляд за виходом компонентів суміші

здійснюють за допомогою приладів – детекторів, у яких показання фіксуються у вигляді хроматографічних кривих. Метод надає можливість проводити розподіл та аналіз складних сумішей органічних і неорганічних речовин: сумішей оксидів азоту, сірководню, сірчаного газу тощо.

Швидкі методи аналізу повітря дозволяють швидко в місці відбору проби визначити концентрацію забруднюючих повітря речовин. Колориметричні методи засновані на пропусканні повітря, яке містить шкідливі речовини, крізь розчин, фільтрувальний папір або твердий сорбент із зерен, і вимірюванні інтенсивності їхнього забарвлення шляхом порівняння із забарвленням стандартних шкал. Інший варіант методу полягає в пропусканні повітря крізь ті самі поглинальні середовища та замірі об'єму протягнутого повітря до появи їхнього певного забарвлення. Визначення проводять за градуйованою кривою в залежності від об'єму повітря, концентрації речовини. Лінійно-колористичний метод базується на пропусканні досліджуваного повітря крізь індикаторні трубки та замірі довжини забарвленого шару порошку за стандартними шкалами, які показують залежність цієї довжини від концентрації певної речовини.

Ваговий метод використовується для визначення фактичної концентрації досліджуваного пилу в повітрі. З цією метою одним з аспіраційних приладів (ежектор, аспіратор, пилосос та ін.) повітря пропускають крізь фільтр, який зважують на автоматичних терезах до і після відбору проби. Кількість пропущеного повітря вимірюють, наприклад, реометром. Недоліком цього методу є те, що він не дає уявлення стосовно якісної характеристики пилу, без чого неможлива повна гігієнічна оцінка його впливу на організм.

Розрахунковий метод базується на попередньому відборі пилу з повітря й осадженні його на покривне скло з подальшим підрахунком кількості часток за допомогою мікроскопу. Концентрація пилу в цьому випадку визначається кількістю часток, які припадають на одиницю об'єму повітря.

Метод біоіндикації полягає в оцінці стану навколишнього середовища за фізіологічними, морфологічними, екологіч-

ними змінами в ряді рослин-біоіндикаторів, які чутливо реагують на зміни факторів навколишнього середовища. Метод заснований на спостереженні за складом і чисельністю виглядів-індикаторів. Біоіндикацію використовують в екологічних дослідженнях як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Індикатори рослини можуть використовуватись як для виявлення окремих забруднювачів повітря, так і для оцінювання загального стану навколишнього середовища. Токсичний вплив забруднювачів на рослинність простежується шляхом порівняння рослин-індикаторів і рослин-моніторів. Найчастіше рівень забруднення атмосферного повітря визначають за допомогою лишайників (ліхеноіндикація), мохів (бріоіндикація) чи грибів (мікоіндикація).

У результаті аналізу відомих методів визначення хімічних речовин доведено їхню обмеженість до встановлення забруднення повітря неутілізованими батареями. Дійсно, експресні аналізи повітряного середовища виконують за допомогою різних приладів та обладнання, наприклад, газоаналізаторів різноманітних конструкцій. Мікрооб'ємним методом не можна визначити забруднення повітря усіма речовинами, що містяться в батареях. Для застосування фотометричних методів потрібно мати щонайменше забарвлення серії стандартних шкал, фотоелемент або нефелометр. Для візуальної оцінки інтенсивності флуоресценції потрібен значний досвід, а для фотоелектричного методу – фотоелементи. Хроматографічний метод потребує спеціальних детекторів. Для використання швидких методів, вагового чи розрахункового методів потрібні або відповідні стандартні шкали, або спеціальні прилади та обладнання. Отже, застосування таких методів вимагає належної матеріально-технічної бази.

Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не передбачає спеціальних приладів і статистичних даних, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу. У результаті проведеного дослідження встановлено біоіндикатори на

шкідливі речовини для повітря, які містяться в батарейках. Наприклад, на нікол реагують такі рослини, як айстра або сон-трава через набуття потворних форм і деформацію їхніх частин. На манган реагують листки рослин появою жовтих плям. Проте використання вказаного методу передбачає довготривалий процес. Більше того, необхідно виключити можливість пошкодження рослин біологічними та абіотичними факторами, зокрема забруднювачами. Варто зазначити, що рослини певного виду можуть виявитися стійкими до дії того чи іншого забруднювача. У зв'язку з цим загальний якісний стан природного середовища неможливо охарактеризувати шляхом вивчення тільки одного виду. За допомогою моніторингу на рівні одного виду, можлива специфічна індикація тільки одного забруднювача.

Неможливо застосувати й методи, про які йшлося вище, бо вони базуються на офіційних статистичних даних, яких в Україні для батарейок не існує. Виникла необхідність розробити власний метод розрахунку встановлення забруднення повітря неутілізованими батарейками.

Зауважимо, що очищення забруднених ресурсів – справа не з дешевих. Набагато простіше реалізувати технології з переробки батарейок, для того щоб попередити їхнє викидання в навколишнє середовище. У Європі помітні лише три заводи, які мають потужності переробляти батарейки. Один із них — у Німеччині, другий — у Франції, а третій – саме в Україні. Це Львівське державне підприємство «Аргентум». Удалося з'ясувати, що «Аргентум» переробляє менше 10 т батарейок і акумуляторів щороку з моменту його заснування (за потужності 1 т на добу). Протягом року за даними Держмитслужби України в країну завозять приблизно 300 000 000 батарейок. Відомо, що площа України становить 603 500 км².

Математичними розрахунками встановимо гранично можливу концентрацію деяких шкідливих речовин у повітрі від викидання батарейок. Оскільки будемо порівнювати отримані результати з гранично допустимою концентрацією речовин (ГДК), то розглянемо верхній шар повітря над територією України товщиною

1 м, отримаємо 603 500 000 000 м³ повітря. Легко можна обчислити вагу й об'єм батарейки з урахуванням стандартів і того, що їхніх видів скінченна кількість. Прості математичні розрахунки показують, що «Аргентум» утилізує мізерну частку батарейок від тих, що завозять до України. Дійсно, якщо прийняти середню вагу 1 батарейки за 20 г, то 10 т – це вага 0,5 млн батарейок.

Отже, щороку в Україні переробляють менше 0,5 млн батарейок, і неутілізованими залишаються близько 300 млн батарейок. Це означає, що в середньому на кожні 2000 м³ приземного повітря припадає щонайменше 1 батарейка.

Нехай x – кількість шкідливої речовини від батарейки, яка потрапляє в 2000 м³ повітря, тоді на 1 м³ припадає її $x / 2000$. Якщо x – кількість плюмбуму, то ГДК для плюмбуму дорівнює 0,0003 мг/м³ [5]. Звідси маємо

$$x / 2000 = 3 / 10\,000, \text{ або } x = 0,6 \text{ мг.}$$

Таким чином, кількість плюмбуму, яка виділяється з батарейки не повинна перевищувати 0,0006 г для того, щоб не справити на людину опосередкованої шкідливої дії при цілодобовому вдиханні. Очевидно, що отримана маса мізерна по відношенню до маси всієї батарейки і складає 0,003 %, оскільки

$$0,0006 \cdot 100 / 20 = 0,003 (\%).$$

Зроблені розрахунки обґрунтовують необхідність введення нового поняття критичної маси. Критичною масою речовини назвемо максимально допустиму масу цієї речовини, яка виділяється із забруднювача, щоб не справити на людину опосередкованої шкідливої дії при цілодобовому вдиханні. Отже, критична маса плюмбуму становить 0,0006 г.

Аналогічно обчислимо критичну масу інших забруднювачів повітря неутілізованими батарейками. Запропонований метод придатний для обчислення можливої максимальної разової концентрації. Для цього треба використовувати значення з першого стовпця таблиці ГДК [5, Дод. 2].

Зауважимо, що з огляду на будову батарейок і їхній склад, можливе взаємне посилення впливу двох або більшої кількості елементів на забруднення, за якого сумарний ефект їх взаємного впливу перевищує суму ефектів, що виникають за

ізолюваної дії кожного з цих елементів окремо. У такому разі критична маса речовини, розрахована згідно з

запропонованим методом, має бути ще меншою.

Висновки

Таким чином, простим експериментом доведено факт забруднення повітря батареями. З'ясовано, що відомі методи виявлення хімічних речовин у повітрі трудомісткі, часовитратні, потребують належної матеріально-технічної бази, або інших обмежень для встановлення забруднення повітря неутілізованими батареями, а офіційних статистичних даних для батарейок взагалі не існує. Запропоновано новий метод визначення можливої маси шкідливої речовини, яка виділяється в повітря з викинутих батарейок, перевищення якої може справити на людину опосередковану шкідливу дію при цілодобовому вдиханні. Метод ґрунтується на

даних Держмитслужби України, кількості перероблених батарейок у країні та на визначених результатах з ГДК. Обґрунтовано введення нового поняття критичної маси речовини. Перевага запропонованого методу полягає ще й у простоті розрахунків, коли атмосферне повітря містить декілька речовин, здатних діяти спільно. Визначено біоіндикатори на шкідливі речовини для повітря, що містяться в батареях: айстра, сон-трава, хрінниця посівна та інші рослини.

Перспективою подальших розвідок у даному напрямі є чітке встановлення всебічної шкоди від викидання батарейок.

Література

1. Про охорону атмосферного повітря [Електронний ресурс]: Закон України від 09.04.2014 № 1193-VII (1193-18). – Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2014. - № 23. – Ст. 873. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
2. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин і парникових газів у повітря від транспортних засобів [Електронний ресурс]: наказ № 452 від 13.11.2008 / Державний комітет статистики України. – Режим доступу: http://ukrstat.org/uk/metod_polog/metod_doc
3. Інтернет-сторінка про утилізацію відпрацьованих батарейок. – Режим доступу: <http://www.batare.com>

4. Охорона праці в будівництві: навчальний посібник / За ред. Б. М. Коржика. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 148 с.
5. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) [Електронний ресурс]: наказ № 201 від 09.07.1997 / Міністерство охорони здоров'я України. – Режим доступу: <http://www.dsesu.gov.ua/ua/normativna-pravova-baza/sanitarni-pravila-i-normy> (Офіційний сайт Державної санітарно-епідеміологічної служби України).