

УДК: 504.3

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА НЕНАВМИСНОГО УТВОРЕННЯ СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН (НА ПРИКЛАДІ МІСТА ОДЕСА)

В. І. Михайленко,

Т. П. Шаніна, канд. хім. наук,

Т. А. Сафранов, д-р геол.-мін. наук

Одеський державний екологічний університет,

вул. Львівська 15, 65000, м. Одеса, vladislav.mykhailenko@gmail.com

Стійкі органічні забруднюючі речовини – це речовини, які представляють собою серйозну глобальну загрозу здоров'ю людини і її навколишньому середовищу. Вони володіють певними властивостями: стійкість до розкладання, біоаккумулятивність, надзвичайна токсичність навіть при надмалих концентраціях, здатність до трансграничного переносу і осадження. На жаль, в Україні відсутня відокремлена нормативно-законодавча база по стійким органічним забруднюючим речовинам. Всі норми та правила регулювання утворення цих забруднюючих речовин входять до великої кількості різноманітних законодавчих актів, що не дає змогу систематизувати та конкретизувати дії у сфері поводження з СОЗР. Метою роботи є оцінка основних джерел ненавмисного утворення стійких органічних забруднюючих речовин (на прикладі міста Одеса). У ході роботи було встановлено, що основними джерелами ненавмисного утворення СОЗР в Одесі є: спалювання органічного палива стаціонарними та пересувними джерелами; виробництво будівельних матеріалів; відкриті звалища твердих побутових відходів; копчення м'ясних і рибних продуктів; функціонування крематоріїв; куріння тютюнових виробів; функціонування міської системи каналізації. Проведено аналіз законодавчої бази України, в результаті якого зроблено висновок про відсутність окремої законодавчої бази по СОЗР в Україні; вперше для м. Одеса встановлено перелік основних джерел ненавмисного утворення цих речовин, порахована маса стійких органічних забруднюючих речовин, яка утворюється від кожного виду розглянутих виробництв з використанням найсучасніших європейських методик, розрахована сумарна їх маса генерації по території міста Одеса. Так як різні методики дають результати в різних одиницях вимірювання, було здійснено перехід до однієї одиниці вимірювання. Опираючись на поняття «гранично допустима концентрація», була порахована допустима кількість молекул СОЗР в еквіваленті на 2,3,7,8-тетрахлордібензодіоксин (ТХДД), яка може потрапити в організм одної людини безпосередньо через органи дихання. Проведено порівняння кількості молекул 2,3,7,8-ТХДД, які потрапляють у атмосферне повітря з допустимою кількістю, що приходить на одного мешканця Одеси, зроблено відповідні висновки відповідно до зроблених розрахунків ненавмисного утворення СОЗР в м. Одеса протягом одного року. Також, опираючись на отримані результати, встановлено пріоритетні джерела ненавмисного продукування стійких органічних забруднюючих речовин, що дозволяє правильно та вчасно прийняти відповідні заходи щодо скорочення утворення цих забруднюючих речовин.

Ключові слова: стійкі органічні забруднюючі речовини, поліхлоровані дибензодіоксини та дибнезофурані (ПХДД/Ф), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), емісія, забруднення, Одеса.

1. ВСТУП

Стрімкий технологічний розвиток людства, який особливо інтенсивно спостерігається останніми десятиріччями, став причиною чисельних екологічних викликів, що в свою чергу, справедливо, можна назвати світовими. Одним із прикладів світових екологічних проблем сучасності є утворення стійких органічних забруднюючих речовин.

Під час вивчення матеріалів, які стосуються даної проблеми, ми звернули увагу на те, що у

україномовних та російськомовних джерелах словосполучення «стійкі органічні забруднювачі, стойкие органические загрязнители» (СОЗ) є загальноживаною у всіх джерелах інформації. Можливо, що словосполучення «стійкі органічні забруднювачі» було вжито через недосконалий переклад з англійської мови словосполучення «Persistent Organic Pollutants» (POP), де аббревіатура складається з 3-х літер, а слово «pollutants» перекладається не як «забруднювачі», а як «поллютанти», тобто «забруднюючі речовини». Згід-

но до [1], «забруднювачі» – це «джерела забруднення», а тому словосполучення «стійкі органічні забруднювачі» не є коректною. За М. Ф. Реймерсом (1990), забруднювачі – це також джерела забруднення оточуючого середовища. Саме тому ми пропонуємо вживати словосполучення «стійкі органічні забруднюючі речовини» (СОЗР), який, на нашу думку, є коректнішим.

СОЗР являють собою клас надзвичайно небезпечних полутантів, що представляють собою серйозну глобальну загрозу здоров'ю людини і її навколишньому середовищу. Не дивлячись на величезну кількість СОЗР, всі вони володіють певними спільними властивостями: стійкість до розкладання; біоаккумулятивність; надзвичайна токсичність навіть при надмалих концентраціях; здатність до трансграничного переносу і осадження [2].

Основним міжнародним правовим актом, що встановлює норми з охорони навколишнього середовища і здоров'я населення від впливу СОЗР, є Стокгольмська конвенція про СОЗР, яка прийнята 22 травня 2001 року, та ратифікована в Україні у 2007 році. Згідно з цією конвенцією, всі СОЗР можна поділити на 2 групи: 1) отримані цілеспрямовано – для прямого використання (пестициди, промислові продукти); 2) вироблені ненавмисно (продукти спалювання палива, побічні продукти технологічних процесів).

На жаль, в Україні відсутня відокремлена нормативно-законодавча база по СОЗР. Всі норми та правила регулювання утворення цих забруднюючих речовин входять до великої кількості різноманітних законодавчих актів, що не дає змогу систематизувати та конкретизувати дії у сфері поводження з СОЗР.

Метою роботи є оцінка основних джерел ненавмисного утворення стійких органічних забруднюючих речовин (на прикладі міста Одеса).

2. ВИХІДНІ ДАНІ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В роботі розглядається проблема ненавмисного утворення СОЗР в Одесі протягом одного року (2012 р.). У ході роботи було встановлено, що основними джерелами ненавмисного утворення СОЗР в Одесі є:

- спалювання органічного палива стаціонарними та пересувними джерелами;
- виробництво будівельних матеріалів;
- відкриті звалища твердих побутових відходів (ТПВ);
- копчення м'ясних і рибних продуктів;

- функціонування крематоріїв;
- куріння тютюнових виробів;
- функціонування міської системи каналізації.

3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Ненавмисне утворення СОЗР при спалюванні органічного палива

Викиди ненавмисно утворених СОЗР у продуктах спалювання органічного палива у місті Одеса слід розглядати від двох видів джерел: стаціонарних та пересувних. До викидів від стаціонарних джерел було віднесено утворення СОЗР при спалюванні органічного палива для теплопостачання комунально-побутового сектору. До викидів від пересувних джерел було віднесено утворення СОЗР при спалюванні моторного бензину, дизельного палива і мазуту.

Як і у всіх процесах спалювання, СОЗР утворюються після завершення процесу горіння і охолодження димових газів. Саме тому викиди діоксинів і фуранів в значній мірі залежать від умов, при яких проводиться охолодження топкових і газів, що відходять. Залишкові частинки сажі, а також хлор, який містився в вугіллі, рекомбінують в присутності хлоридів металів як каталізаторів з утворенням СОЗР. Основними шляхами викидів у навколишнє середовище є емісія в повітря, особливо в складі летючої золи.

З використанням джерел інформації [3, 4, 5, 6, 7, 8] нами були розраховані валові ненавмисні викиди СОЗР від стаціонарних та пересувних джерел Одеси у 2012 році при використанні відповідних об'ємів палива. За результатами розрахунку утворення СОЗР при спалюванні стаціонарними джерелами склало 1,48 г ТЕ ПХДД/Ф, 470,4 г ТЕ ПХБ та 8,67 г ТЕ ГХБ. Для пересувних джерел була розрахована маса утворених ПХДД/Ф, яка склала 0,45 г ТЕ ПХДД/Ф (табл. 1). Причиною розрахунків лише за однією забруднюючою речовиною стало те, що методика розрахунку [8] дозволяє визначити лише ненавмисне утворення ПХДД/Ф. Таким чином, сумарне утворення СОЗР від спалювання органічного палива в м. Одеса складає 1,93 г ТЕ ПХДД/Ф, 470,4 г ТЕ ПХБ та 8,67 г ТЕ ГХБ.

3.2 Ненавмисне утворення СОЗР при виробництві будівельних матеріалів

Виробництво цементу. Згідно до [9], в Одесі єдиним виробником цементу є Одеський цементний завод, об'єм виробництва якого складає 550000 т/рік [10].

Таблиця 1 – Ненавмисне утворення СОЗР у м. Одеса у 2012 році

| Сировина | | | Утворення СОЗР по напрямкам | | | | | |
|--|-------------------|----------------|-----------------------------|---------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| Назва | Кількість | Од.вимірювання | ПХБ | ГХБ | ПХДД/Ф | | | Од.вимірювання |
| | | | Повітря | Повітря | Повітря | Продукт | Залишок | |
| Індивідуальне теплопостачання комунально-побутового сектору, стаціонарні джерела | | | | | | | | |
| Вугілля | 46861 | т.у.п | 466,8 | 8,51 | 1,4 | - | - | г |
| Природний газ | 1324700 | т.у.п | - | - | 0,058 | - | - | г |
| Дерево | 1008,1 | т.у.п | 0,002 | 0,15 | 0,003 | - | - | г |
| Промислове теплопостачання комунально-побутового сектору, стаціонарні джерела | | | | | | | | |
| Вугілля | 713,7 | т.у.п | 3,55 | 0,012 | 0,011 | - | - | г |
| Природний газ | 527840 | т.у.п | - | - | 0,0008 | - | - | г |
| Дерево | - | т.у.п | - | - | - | - | - | - |
| Рідке | 70205 | т.у.п | - | - | 0,002 | - | - | г |
| Спалювання органічного палива, пересувні джерела | | | | | | | | |
| Бензин | 190789 | т.у.п | - | - | 0,281 | - | - | г ТЕ |
| Дизель | 140528 | т.у.п | - | - | 0,009 | - | - | г ТЕ |
| Мазут | 55225 | т.у.п | - | - | 0,160 | - | - | г ТЕ |
| Виробництво будівельних матеріалів | | | | | | | | |
| Цемент | 550000 | т | 56,65 | 2,53 | 2,3 | - | - | г |
| Цегла | 6750 | т | - | - | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | $0,4 \cdot 10^{-3}$ | $0,4 \cdot 10^{-7}$ | г ТЕ |
| Вапно | 800 | т | - | - | $8 \cdot 10^{-3}$ | - | - | г ТЕ |
| Асфальт | 197300 | т | - | - | $13,8 \cdot 10^{-3}$ | - | 0 | г ТЕ |
| Відкрите складування твердих побутових відходів (ТПВ) | | | | | | | | |
| ТПВ | 1337190 | т | - | - | - | 0,669 | 66,860 | г ТЕ |
| Робота копильних | | | | | | | | |
| Свинина | 800 | т | - | - | 0,04 | - | $4,8 \cdot 10^{-6}$ | г ТЕ |
| Яловичина телятина | 100 | т | - | - | 0,005 | - | $0,6 \cdot 10^{-6}$ | г ТЕ |
| Птиця | 300 | т | - | - | 0,015 | - | $1,8 \cdot 10^{-6}$ | г ТЕ |
| Ковбаса | 800 | т | - | - | 0,04 | - | $4,8 \cdot 10^{-6}$ | г ТЕ |
| Риба | 200 | т | - | - | 0,01 | - | $1,2 \cdot 10^{-6}$ | г ТЕ |
| Робота крематоріїв | | | | | | | | |
| Кількість кремованих | 33648 | чоловік | 4,14 | 1,51 | $0,27 \cdot 10^{-3}$ | - | - | г ТЕ |
| Куріння сигарет | | | | | | | | |
| Сигарети | $1150 \cdot 10^6$ | штук | - | - | $0,12 \cdot 10^{-3}$ | - | $0,12 \cdot 10^{-3}$ | г ТЕ |
| Стічні води (СВ) міської каналізаційної системи | | | | | | | | |
| Очищені СВ | 205,9 | млрд. л | - | - | - | 2,059 | 2,885 | г ТЕ |
| Неочищені СВ | 45,7 | млрд. л | - | - | - | 0,229 | 0 | г ТЕ |

При виробництві цементу технологічним процесом, під час якого утворюються СОЗР, є випал клінкеру через високотемпературний режим роботи.

З використанням методик [6, 8] нами було визначено утворення СОЗР при виробництві цементу, яке склало 56,56 г ПХБ, 2,53 г ГХБ та 2,75 г ПХДД/Ф (табл. 1). Слід відмітити, що при цьому враховується лише СОЗР, які потрапляють у атмосферне повітря.

Виробництво цегли. Згідно до [8], при виробництві цегли потрапляння СОЗР у навколишнє середовище (НС) відбувається у трьох напрямках: 1) емісія у повітря в складі газоповітряної суміші (ГПС); 2) вихід з самою продукцією; 3) викид з відходами як носіями СОЗР. Для кожного з цих напрямків встановлено свій фактор емісії (ФЕ).

На основі [3, 11] було встановлено, що у 2012 році в Одесі було виготовлено 2,7 млн шт. умовної цегли, що складає у перерахунку на масу 6750 т.

Використовуючи методику [12], нами було розраховано масу відходу цеглового виробництва за формулою

$$M_o = B * P_{yi}, \quad (1)$$

де M_o – кількість відходів, яка утворилася при виробництві;

P_{yi} – показник питомої кількості відходів, що утворюються на 1 млн/шт. цегли. Для випалу цегли цей показник – маса бою цегли і складає 76000 кг на 1 млн шт. цегли.

Виходячи з вище переліченого, нами було розраховано утворення ПХДД/Ф по трьом напрямкам. Таким чином, у складі газоповітряної суміші в навколишнє середовище потрапляє $1,35 \cdot 10^{-3}$ г ТЕ ПХДД/Ф, у складі продукту – $0,41 \cdot 10^{-3}$ г ТЕ ПХДД/Ф, а у складі залишку виробництва – $0,41 \cdot 10^{-7}$ г ТЕ ПХДД/Ф (див. табл. 1). Найбільша кількість ПХДД/Ф потрапляє у повітря у складі ГПС. Також значний відсоток утворених політантів потрапляє до НС у складі готової продукції, що може бути джерелом місцевого негативного впливу на здоров'я людини. Разом з цим незначна кількість ПХДД/Ф потрапляє до ґрунту у складі бою цегли та має зосереджену у просторі дію.

Виробництво вапна. Виробництво вапна включає в себе як викиди від самого процесу виробництва, так і викиди від спалювання палива. Основним процесом при виробництві вапна є випал, саме на цьому етапі і відбувається утворення СОЗР.

Згідно з інформацією, представленою у [13], виробництво вапна у 2012 році склало 0,8 тис. т кінцевого продукту. Використовуючи [8], нами було визначено продукування ПХДД/Ф при виробництві вапна у 2012 році, яке склало $8,0 \cdot 10^{-3}$ г ТЕ ПХДД/Ф (див. табл. 1).

При виробництві вапна враховується лише утворення ПХДД/Ф, яке майже у 4 рази більшим, ніж при виробництві цегли, не дивлячись на те, що цегли в Одесі вироблялось майже у 9 разів більше, ніж вапна.

Виробництво асфальту. Промисловий майданчик асфальтобетонного заводу (АБЗ), як правило, включає цех з приготування органічного в'язучого і асфальтобетону, підготовки мінеральних матеріалів, котельні. Найчастіше на цьому ж місці розташовується цех з приготування дорожніх в'язких бітумів з сировини (гудрону), бітумних емульсій, укріплених ґрунтів, цеглоподрібнювально-сортувальні установки [14].

Виробництво асфальтобетону можна вважати умовно безвідходним, так як пил у асфальтобетонному виробництві може повністю повторно використовуватися [15]. Саме тому утворені СОЗР при виробництві асфальту містяться тільки у складі ГПС.

Згідно [13], виробництво асфальту в Одесі у 2012 році склало 197,3 тис. т. Використовуючи [8], нами було визначено продукування ПХДД/Ф, яке склало $13,81 \cdot 10^{-3}$ г ТЕ ПХДД/Ф.

Таким чином, сумарна кількість СОЗР, яка потрапляє у НС від будівельного виробництва, складає 2,77 г ТЕ ПХДД/Ф, 56,65 г ПХБ та 2,53 г ГХБ.

3.3 Ненавмисне утворення СОЗР при відкритому складуванні твердих побутових відходів

Тверді побутові відходи (ТПВ) є потенційним джерелом ненавмисного утворення СОЗР через їх різноманітний морфологічний склад, зокрема – наявності хлорвмісних компонентів. Присутність хлору забезпечується наявністю у ТПВ, головним чином, відходів лікувально-профілактичних установ у складі антисептичних засобів та пластмас, з яких виготовлені сучасні шприци та речі побутового призначення. Також великий внесок у підвищені вмісту хлорвмісних компонентів в ТПВ здійснюється за рахунок матеріалів з поліхлорвінілу, які надходять на ССЗ у складі будівельного сміття (натяжні стелі, лінолеуми, термостійкі пластмаси тощо) і взуттєвих пластикатів. Наявність у ТПВ важких металів у складі батарейок, акумуляторів та відхо-

дів техніки прискорює процес утворення ПХДД/Ф.

Згідно з [16] 100 % відходів, які утворюються на території Одеської області, потрапляють на звалища. Використовуючи данні [3, 8] нами була порахована кількість ПХДД/Ф, яка утворюється внаслідок видалення ТПВ міста Одеса. Слід зазначити, що надходження ПХДД/Ф у навколишнє середовище в цьому випадку іде двома шляхами: у воду – у якості фільтрату, що складає 0,669 г ТЕ ПХДД/Ф, та у складі залишку, який накопичується у тілі полігону, що складає 66,86 г ТЕ ПХДД/Ф (див. табл. 1).

З розрахунків видно, що в останньому випадку надходження ПХДД/Ф у навколишнє середовище в 100 разів більше. Це можна пояснити тим, що перед потрапляння у воду фільтрат проходить своєрідний процес очищення через шар ґрунту, через який він проходить перед надходженням до водоносного горизонту.

3.4 Ненавмисне утворення СОЗР при роботі коптилень

Процеси виготовлення харчових продуктів, у тому числі – копчених, супроводжуються ненавмисним утворенням СОЗР. Джерелом ненавмисного утворення СОЗР при роботі коптильних камер є спалювання деревної тирси.

Згідно з методикою, утворення ПХДД/Ф при копченні розраховується за 2 напрямками: емісія у повітря та вихід із зольним залишком. У розрахунку ми допускаємо, що всі коптильні не використовують спеціально очищене паливо.

Для розрахунку ненавмисного виходу ПХДД/Ф із зольним залишком нами була порахована маса тирси, яка іде на копчення продукту. Згідно з [17], витрату тирси можна прийняти як 25-30 % маси завантаженої сировини за умови класичного копчення. Згідно з [18], у розрахунках для топкових пристроїв, зольність має бути прийнята рівній 1 %.

На основі вище приведених даних, нами було визначено утворення ПХДД/Ф при копченні у м. Одеса, яке склало 0,11 г ТЕ ПХДД/Ф (див. табл. 1).

3.5 Ненавмисне утворення СОЗР при функціонуванні крематоріїв

Останнім часом питання кремації тіл померлих піднімається дедалі частіше через наявність проблем з землею для захоронення померлих та економічністю такого виду захоронення. Кремація, тобто спалювання тіл померлих до стану попелу, є потенційним джерелом утворення

СОЗР.

Згідно з [19] в Одесі до послуг крематоріїв звертаються 30% сімей померлих. Згідно із даними Статистичного щорічника Одеської області, кількість померлих в Одесі у 2012 році склала 33648 осіб. Нами було проведено розрахунок, в результаті якого встановлено, що кількість ненавмисно утворених СОЗР за цим напрямком склала 0,273 мг ПХДД/Ф, 4,14 г ПХБ, 1,51 г ГХБ (див. табл. 1).

3.6 Ненавмисне утворення СОЗР при палінні тютюнових виробів

При палінні тютюнових виробів відбувається спалювання органічної речовини, що є джерелом ненавмисного утворення СОЗР. Крім того, небезпека впливу СОЗР при курінні полягає у тому, що значна частина утворених речовин потрапляє безпосередньо до організму людини та оточуючих. Особливо небезпечним є паління для вагітних жінок, так як СОЗР накопичуються у материнському молоці та передаються від матері до дитини.

Опираючись на інформацію [20, 21] нами було встановлено, що кількість курців в Одесі складає 20,1 % від всіх мешканців, а кількість цигарок, яка викурюється, складає в середньому 15 шт./(людина*доба). Таким чином, маса ПХДД/Ф склала 0,12 мг у атмосферному повітрі та 0,12 мг у зольному залишку (див. табл. 1).

3.7 Ненавмисне утворення СОЗР при роботі міської каналізації

Каналізаційні стоки – це відходи, розчинені у воді та/або наявні у ній завислі речовини. Загалом стічні води мають невисоку концентрацію ПХДД/Ф, але при дезінфекції їх хлором концентрації цих речовин стрімко підвищуються, інколи – до 50 разів. Причиною утворення цих речовин у каналізаційних стоках можуть бути і інші фактори, такі як прання одягу і текстильних виробів, які були оброблені фарбами і біоцидами, забрудненими ПХДД/Ф. Також ПХДД/Ф можуть потрапляти до складу стічних вод (СВ) в результаті надходження стоків, які містять атмосферні викиди ПХДД/Ф від джерел згоряння або у складі необроблених промислових стічних вод.

Джерелом ПХДД/Ф також є каналізаційний мул. Крім того, поводження з активним мулом (АМ) може призвести до викидів ПХДД/Ф. Наприклад, розподіл АМ на полях зрошення може призвести до підвищення концентрації ПХДД/Ф у ґрунті, у рослинах, які потім вирощуються на цих територіях, а також у тканинах тварин, які

харчувалися кормами з полів зрошення. Аналогічно, АМ, який був захоронений у могильниках, може сприяти утворенню ПХДД/Ф у фільтраті. Слід відмітити, що ПХДД/Ф можуть утворюватися на станціях термічної сушки АМ.

Слід зауважити, що до категорії каналізаційних стоків відносяться муніципальні стоки, які потрапляють на очисні споруди.

Скид СВ у відкриті водойми – це практика скиду необроблених СВ або інших відходів безпосередньо у відкриті водні об'єкти, тобто річки, озера та океани. Джерела ПХДД/Ф у цьому випадку такі самі, як і у каналізаційних стоках. Слід відмітити, що через відсутність очищення СВ, та, на відміну від попереднього випадку, ПХДД/Ф утворюються лише у складі самої СВ. Осад АМ, що містить ПХДД/Ф, в даному випадку немає.

Використовуючи інформацію [22, 23], нами було визначено утворення ПХДД/Ф при роботі каналізаційної системи м. Одеса у 2012 році. Таким чином, внаслідок скидання очищених вод у водні об'єкти потрапляє 2,059 г ТЕ ПХДД/Ф у складі безпосередньо стічних вод та 2,885 г ТЕ ПХДД/Ф у складі АМ. Внаслідок прямого скиду стічних вод до водних об'єктів потрапляє 0,229 г ТЕ ПХДД/Ф, які надходять лише у складі стічних вод (див. табл. 1).

Узагальнені результати розрахунків представлено у вигляді табл. 1. З представлених даних видно, що, на жаль, навіть використання двох методик розрахунку СОЗР не дає змогу в повній мірі оцінити специфіку утворення та надходження у навколишнє середовище цих забруднюючих речовин.

Методика [6] передбачає розрахунок широкого спектру забруднюючих речовин і лише за нею можливо було розрахувати утворення не лише ПХДД/Ф, а й ПХБ та ГХБ. Недоліком цієї методики є відсутність факторів емісії для більшості видів розглянутих виробництв, що робить використання лише цієї методики неефективним для комплексної оцінки ненавмисного утворення СОЗР по місту. Також методика дозволяє розрахувати лише надходження СОЗР у повітря, не враховуючи їх розподіл по середовищах.

Методика [8] дає змогу розрахувати утворення виключно ПХДД/Ф, для деяких з виробництв у даній методиці представлені коефіцієнти, які дозволяють врахувати перерозподіл ПХДД/Ф по середовищам, що допомагає більш точно оцінити ступінь негативного впливу. Але, на жаль, в нашому випадку, повний перерозподіл по середовищам вдалося розрахувати лише для вироб-

ництва цегли та асфальту.

Також характерною відмінною рисою використаних методик є одиниці вимірювання СОЗР у результатах розрахунку. Якщо за методикою [6] результат отримуємо у г, то результатом розрахунку за методикою [8] є маса ЗР у г ТЕ ПХДД/Ф, які не є однаковими одиницями виміру.

Саме тому важливою задачею є приведення результатів розрахунків до однієї одиниці вимірювання. Згідно з [24], токсичність будь-якої суміші ПХДД/Ф може бути виражена через токсичність 2,3,7,8-ТХДД, взятого у еквівалентній за токсичністю кількості. Таким чином, ми можемо перевести всі результати розрахунків ПХДД/Ф у г ТЕ 2,3,7,8-ТХДД (або г ТЕ). Для перерахунку г ТЕ ПХДД/Ф у г ТЕ 2,3,7,8-ТХДД використовується коефіцієнт 1.

Крім того, використовуючи інформацію, наведену у [24], ми, з деякою похибкою, можемо перейти від г ПХБ до г ТЕ через найбільш часто використовуваний ТЕ для ПХБ, який є рівним 0,0005. Аналогічно, використовуючи значення коефіцієнту 0,0001, наведене у [25], ми можемо перерахувати значення г ГХБ у значення г ТЕ. Таким чином, всі отримані результати по СОЗР були приведені нами до однієї одиниці вимірювання.

Виходячи з цього, нами була розрахована кількість молекул, яка приходить на 1 мешканця міста Одеса (табл. 2). Далі нами була визначена кількість молекул, яка є допустимою для надходження до організму людини через органи дихання (використовуючи значення ГДК), яка склала $6,6 \cdot 10^{12}$ мол/(людина*рік).

Розрахувавши за допомогою таблиці 1 та вищезазначених коефіцієнтів кількість молекул 2,3,7,8-ТХДД, які поступають у атмосферне повітря ($9,09 \cdot 10^{15}$), ми можемо зробити висновок, що тільки кількість молекул 2,3,7,8-ТХДД на 1 мешканця у атмосферному повітрі м. Одеса перевищує допустиму майже у 1000 разів, що є неприпустимим та потребує проведення заходів щодо скорочення викидів СОЗР.

4. ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

– В Одесі СОЗР ненавмисно утворюються від наступних джерел: спалювання органічного палива (від пересувних та стаціонарних джерел); виробництво будівельних матеріалів (цегли, цементу, вапна та асфальту); складування ТПВ;

Таблиця 2 – Загальна маса та кількість молекул 2,3,7,8-ТХДД, неавмісно утворених у м. Одеса у 2012 році

| Сировина | Маса, г ТЕ | Фактична кількість молекул на 1 жителя |
|----------------------|---------------|--|
| Будівельні матеріали | 2,348 | $4,36 \cdot 10^{15}$ |
| Органічне паливо | 2,161 | $4,01 \cdot 10^{15}$ |
| Звалища | 67,529 | $1,25 \cdot 10^{17}$ |
| Коптильні | 0,11 | $2,04 \cdot 10^{14}$ |
| Крематорії | 0,275 | $5,10 \cdot 10^{14}$ |
| Сигарети | 0,0003 | $5,56 \cdot 10^{11}$ |
| Каналізація | 5,173 | $9,60 \cdot 10^{15}$ |
| Всього: | 77,60 | $1,43 \cdot 10^{17}$ |

копчення м'яса та риби; робота крематоріїв та паління сигарет.

– Основним джерелом утворення ПХДД/Ф є відкрите складування ТПВ на звалищах, доля якого складає близько 92 %. Слід відмітити, що, в основному, ПХДД/Ф потрапляють ґрунт, але деяка їх частина потрапляє у водні об'єкти. Основним джерелом потраплення у навколишнє середовище ПХБ та ГХБ є спалювання органічного палива стаціонарними джерелами. У цьому випадку спостерігається забруднення лише атмосферного повітря.

– Розрахунок було проведено за даними 2012 року, коли відносно повноцінно функціонували підприємства та можливо було здійснити найбільш повний збір статистичної інформації для дослідження. Інтенсивність утворення СОЗР від приведених джерел на сьогодні може змінюватися як в меншу, так і в більшу сторону, що характерно для країн з перехідною економікою. Разом з цим, без скорочення надходження ТПВ на звалища та модернізації Одеських станцій біологічної очистки води, як найвагоміших джерел утворення СОЗР в Одесі, говорити про суттєве скорочення утворення цих речовин не має сенсу.

– Отримані данні дозволяють встановити пріоритетні джерела утворення СОЗР та вчасно прийняти заходи щодо скорочення неавмісного продукування цих речовин.

– Для повної оцінки негативного впливу СОЗР на навколишнє середовище та встановлення пріоритетів у сфері поводження із СОЗР необхідно мати повноцінне методичне керівництво, яке би містило коефіцієнти, що враховують утворення як ПХДД, так і ПХБ і ГХБ та дозволяють оцінити їх розподіл у навколишньому середовищі.

– Для чіткої координації та прийняття оперативних заходів по скороченню неавмісного утворення СОЗР, в нашій країні має бути розро-

блена відокремлена законодавча база по СОЗР, якої, на жаль на сьогоднішній день немає.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3041–95. Гідросфера. Використання і охорона води. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 1995. 44 с.
2. Трегер Ю. А. Стойкие органические загрязнители. Проблемы и пути их решения. *Вестник МИТХТ*. 2007. № 5. С. 87-95.
3. Статистичний щорічник Одеської області за 2012 рік / Головне управління статистики в Одеській області. Одеса, 2013. 520 с.
4. Копытов В. В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития. Москва : Изд-во «Инфра-Инженерия», 2012.
5. СОТКР. Производитель отопительного оборудования. URL: <http://tkr-teplo.ru/polezno-pochitat/tablica-uslovnnoe-toplivo/> (дата обращения: 18.10.2016)
6. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов 2013 / К. Трощи, П. Колман и др. URL: <https://www.eea.europa.eu/ru/publications/rukovodstvo-emeep-eaos-po-inventarizacii> (дата обращения: 18.10.2016)
7. Перевод в условное топливо. *Синергия опыта и технологий. Винсер-аудит* : веб-сайт. URL: http://www.vinseraudit.ru/fuel_calc (дата обращения: 18.10.2016)
8. Методическое указание по выявлению и количественной оценке диоксинов и фуранов / ЮНЕП. Женева, 2013. 314 с.
9. УКРПРОМ. Каталог предприятий Одесской области. URL: <http://odessa.ukr-prom.com/> (дата обращения: 19.10.2016)
10. Одесский цементный завод. *Википедия. Свободная энциклопедия* : веб-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 2.02.2017)
11. Продаж будівельно-оздоблювальних матеріалів: ТзОВ «Дукат ЛВ». URL: <https://dukat-lv.prom.ua/> (дата звернення: 2.02.2017)
12. Методика расчета нормативов образования отходов при производстве кирпича, железобетонных изделий, извести, асфальта [действующий от 1997-01-01] / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Республики Татарстан. URL: <http://docs.cntd.ru/document/917011738> (дата обращения: 8.02.2017)
13. Головне управління статистики в Одеській області. Одеса, 2013. URL: <http://od.ukrstat.gov.ua/index.html> (дата звернення: 8.02.2017)

14. Капушко М. О. О выбросах загрязняющих веществ в атмосферу на асфальтобетонных заводах // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. 2012. Вып. 8(24). URL: http://www.opengost.ru/iso/13_gosty_iso/13040_gost_iso/1304040_gost_iso/3762-metodicheskieukazaniya-po-raschetu-vybrosov-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosferu-ot-asfaltobetonyh-zavodov.html (дата обращения: 10.02.2017)
15. Методика расчета выбросов вредных веществ от предприятий дорожно-строительной отрасли, в том числе от асфальтобетонных заводов: Приложение №12 к приказу Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 18.04.2008 № 100-п. URL: <http://eco.com.ua/content/metodika-rascheta-vybrosov-vrednyh-veschestv-ot-predpriyatij-dorozhno-stroitelnoy-otrasli-v> (дата обращения: 10.02.2017)
16. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2012 рік. Інформаційний портал Благоустрій. INFO. URL: <http://blagoustriy.info/> (дата звернення: 10.02.2017)
17. Баль В. В., Вереин Е. Л. Технология рыбных продуктов и технологическое оборудование. Москва : Агропромиздат, 1990. 205 с.
18. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденов В. И. Энергетическое использование древесных отходов. Москва, 1987. URL: <http://boiler-wood.ru/ash-wood.html> (дата обращения: 18.02.2017)
19. Кремация в Киеве, Харькове и Одессе. URL: https://www.religion.in.ua/news/ukrainian_news/17968-v-kieve-kremiruyut-40-pokojnikov-v-xarkove-70-v-odesse-30.html (дата обращения: 12.03.2017)
20. Число курильщиков в Украине стабилизировалось. URL: https://zn.ua/UKRAINE/chislo-kurilshchikov-v-ukraine-stabilizirovalos-na-urovne-24-202795_.html (дата обращения: 18.03.2017)
21. Количество курящих в Украине сократилось. URL: https://zn.ua/UKRAINE/kolichestvo-kurilshchikov-v-ukraine-za-sem-let-sokratilos-na-20-259009_.html (дата обращения: 18.03.2017)
22. Шелепчиков А. А. Загрязнения окружающей среды полихлорированными дибензо-п-диоксинами и диоксиноподобными веществами / Лаборатория аналитической экотоксикологии. URL: <http://www.dioxin.ru/history/dioxin-info.htm> (дата обращения: 3.09.2017)
23. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. / Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. Москва, 1999. 65 с.
24. Николаенко Е. В., Авдин В. В., Сперанский В. С. Проектирование очистных сооружений канализации : учебное пособие. Челябинск, 2006.
25. Юфит С. С. Стойкие органические загрязнители – "грязная дюжина". URL: <https://www.greenpeace.org/russia/global/russia/report/2003/11/28330.html> (дата обращения: 7.09.2017)
- Statystychnyi shchorichnyk Odeskoi oblasti za 2012 rik [The statistical yearbook of the Odessa region for 2012]. Odesa. (in Ukr.)
4. Kopytov, V.V. (2012). *Gazifikatsiya kondensirovannykh topliv : retrospektivnyy obzor, sovremennoe sostoyanie del i perspektivy razvitiya* [Gasification of condensed fuels: a retrospective review, current state of affairs and development prospects]. Moscow : 'Infra-Inzhyneriya' Publ. (in Russ.)
5. COTKR. *Proizvoditel stroitel'nogo oborudovaniya* [COTKR. Manufacturer of heating equipment]. Available at: <http://tkr-teplo.ru/polezno-pochitat/tablica-uslovnootplivo/> (accessed 18 October 2016). (in Russ.)
6. EMEP/EEA *air pollutant emission inventory guidebook 2013*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/ru/publications/rukovodstvo-emep-eaos-po-inventarizacii> (accessed 18 October 2016). (in Russ.)
7. *Perevod v uslovnое toplivo* [Transfer to conventional fuel]. *Sinerziya opyta i tehnologii. Vinsler-audit* [Synergy of experience and technology. Vinsler-audit]. Available at: http://www.vinsler-audit.ru/fuel_calc (accessed 18 October 2016). (in Russ.)
8. UNEP. (2013) *Metodicheskoe ukazanie po vyavleniyu i kolichestvennoy otsenke dioksinov i furanov* [Methodological instruction for the identification and quantification of dioxins and furans]. Geneva. (in Russ.)
9. Katalog predpriyatij Odesskoy oblasti [Catalog of plants in Odessa region]. UKRPPROM. Available at: <http://www.ukrpprom.com> (accessed 19 October 2016). (in Russ.)
10. Odesskiy tsementnyy zavod [Odessa Cement Plant]. *Wikipedia. Free Encyclopedia*. Available at: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 2 February 2017). (in Russ.)
11. Prodzazh budivselno-ozdobliuvalnykh materialiv [Sales of building and finishing materials]. *TzOV «Dukat LV»*. Available at: <https://dukat-lv.prom.ua> (accessed 2 February 2017). (in Ukr.)
12. *Metodika rascheta normativov obrazovaniya otkhodov pri proizvodstve kirpicha, zhelezobetonykh izdeliy, izvesti, asfal'ta* [The methodology for calculating waste generation standards for the production of bricks, reinforced concrete products, lime, asphalt]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/917011738> (accessed 8 February 2017). (in Russ.)
13. *Holovne upravlinnia statystyky v Odeskii oblasti* [The Main Department of Statistics in Odessa region]. Available at: <http://od.ukrstat.gov.ua/index.html> (accessed 8 February 2017). (in Ukr.)
14. Kapushko, M.O. (2012). [About emission of pollutants into the atmosphere in asphalt plants]. *Internet-vestnik VolgGASU* [Internet-bulletin of VolgGASU], 8(24). Available at: http://www.opengost.ru/iso/13_gosty_iso/13040_gost_iso/1304040_gost_iso/3762-metodicheskieukazaniya-po-raschetu-vybrosov-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosferu-ot-asfaltobetonyh-zavodov.html (accessed 10 February 2017). (in Russ.)
15. *Metodika rascheta vybrosov vrednykh veshchestv ot predpriyatij dorozhno-stroitel'noy otrasli, v tom chisle ot asfaltobetonykh zavodov* [Methodology for calculating emissions of harmful substances from the road construction industry, including from asphalt concrete plants]. Appendix №12 to the Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan. Available at: <http://eco.com.ua/content/metodika-rascheta-vybrosov-vrednyh-veschestv-ot-predpriyatij-dorozhno-stroitel'noy-otrasli-v> (accessed 12 February 2017). (in Russ.)
16. Stan sfery povodzhennia z pobutovymy vidkhodamy v

REFERENCES

1. State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (1995). *DSTU 3041-95 : Hidrosfera. Vykorystannia i okhorona vody* [State standards of Ukraine 3041-95 : Hydrosphere. Using and protection of water]. Kyiv. (in Ukr.)
2. Treger, Ju.A. (2007). [Persistent organic pollutants. Problems and solutions]. *Vestnyk MYTHT* [Reporter MSUFCT], 5, 87-95. (in Russ.)
3. The Main Department of Statistics in Odessa Oblast (2013).

- Ukrainy za 2012 rik [State of the sphere of municipal wastes management in Ukraine for 2012]. *Informatsiynyy portal Blagoustriy. INFO* [Information portal Blagoustriy. INFO]. Available at: <http://blagoustriy.info/> (accessed 15 February 2017). (in Ukr.)
17. Bal', V.V., Verein, E.L. (1990). *Tekhnologiya rybnykh produktov i tekhnologicheskoe oborudovanie* [Technology of fish products and technological equipment]. Moscow: Agropromizdat. (in Russ.)
 18. Golovkov, S.I., Koperin, I.F., Naydenov, V.I. (1987). *Energeticheskoe ispol'zovanie drevesnykh otkhodov* [Energy use of wood waste]. Available at: <http://boiler-wood.ru/ash-wood.html> (accessed 18 February 2017). (in Russ.)
 19. *Krematsiya v Kieve, Kharkove i Odesse* [Cremation in Kiev, Kharkov and Odessa]. Available at: https://www.religion.in.ua/news/ukrainian_news/17968-v-kieve-kremiruyut-40-pokojnikov-v-xarkove-70-v-odesse-30.html (accessed 12 March 2017). (in Russ.)
 20. *Chislo kuril'shchikov v Ukraine stabilizovalos'* [The number of smokers in Ukraine has stabilized]. Available at: https://zn.ua/UKRAINE/chislo-kuril'schikov-v-ukraine-stabilizovalos-na-urovne-24-202795_.html (accessed 18 March 2017). (in Russ.)
 21. *Kolichestvo kuryashchikh v Ukraine sokratilos'* [The number of smokers in Ukraine decreased]. Available at: https://zn.ua/UKRAINE/kolichestvo-kuril'schikov-v-ukraine-za-sem-let-sokratilos-na-20-259009_.html (accessed 18 March 2017). (in Russ.)
 22. Shelepchikov, A.A. *Zagryazneniya okruzhayushchey sredy polikhlorirovannymi dibenzo-p-dioksinami i dioksinopodobnymi veshchestvami* [Pollution of the environment by polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dioxin-analogue substances]. Laboratory of Analytical Ecotoxicology. Available at: <http://www.dioxin.ru/history/dioxin-info.htm> (accessed 3 September 2017). (in Russ.)
 23. State Committee of the Russian Federation for Environmental Protection. (1999). *Sbornik udel'nykh pokazateley obrazovaniya otkhodov proizvodstva i potrebleniya* [Collection of specific indicators of production and consumption waste generation]. Moscow. (in Russ.)
 24. Nikolaenko, E.V., Avdin, V.V., Speranskiy, V.S. (2006). *Proektirovanie ochistnykh sooruzheniy kanalizatsii* [Designing sewage treatment facilities]. Chelyabinsk. (in Russ.)
 25. Yufit, S.S. *Stoykie organicheskie zagryazniteli - "gryaznaya dyuzhina"* [Persistent organic pollutants - the "dirty dozen"]. Available: <https://www.greenpeace.org/russia/global/russia/report/2003/11/28330.html> (accessed 7 September 2017). (in Russ.)

MAIN SOURCES OF UNINTENTIONAL PRODUCTION OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (THE CASE OF ODESA)

V. I. Mykhailenko,

T. P. Shanina, PhD (Chem.)

T. A. Safranov, Dr. Sci. (Geol.-Min.),

Odessa State Environmental University,

15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, vladislav.mykhailenko@gmail.com

Persistent organic pollutants represent a serious global threat to human health and the environment. They have certain properties: resistance to decomposition, bioaccumulation, extreme toxicity, even at ultra-low concentrations, ability to transboundary transfer and deposition. Unfortunately, there is no separate normative and legislative base regulating production of persistent organic pollutants in Ukraine. All norms and rules regulating such pollutants formation are included in a large number of various legislative acts and this does not allow systematization and specification of the actions associated with treatment of POPs. The purpose of this work is to evaluate the main sources of unintentional formation of persistent organic pollutants (using Odessa as an example). As part of the study it was established that the main sources of unintentional formation of POPs in Odessa are: combustion of organic fuels by stationary and mobile sources; production of building materials; open landfills of solid household waste; smoking of meat and fish products; functioning of crematoria; tobacco smoking; functioning of the city sewage system. The analysis of the legislative base of Ukraine is carried out which resulted in making a conclusion that there is no separate normative and legislative base regulating production of persistent organic pollutants in Ukraine. For the first time the list of the main sources of unintentional formation of these pollutants was established for Odessa with estimation, using the most advanced European methods, of the mass of persistent organic pollutants formed from each type of above-stated production facilities, and estimation of the total mass of their generation over the territory of Odessa. Since different techniques give results in different units of measurement, a transition to one unit of measurement was performed. Based on the concept of maximum permissible concentration (MPC), the permissible number of molecules of POPs equivalent to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin (TCDD) which can enter the body of one person through respiratory organs was calculated. A comparison with the number of molecules of 2,3,7,8-TCDD entering the atmosphere in a permissible quantity per 1 citizen of was carried out and corresponding conclusions based on calculations of unintentional formation of POPs in Odessa during one year were made. Also, based on the obtained results, priority sources of unintentional production of persistent organic pollutants were established

which allows correct and timely implementation of appropriate measures to reduce formation of these polluting substances.

Keywords: persistent organic pollutants, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/F), polychlorinated biphenyls (PCB), hexachlorobenzene (HCB), emission, pollution, Odesa.

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ОДЕССА)

В. И. Михайленко,
Т. П. Шанина, канд. хим. наук,
Т. А. Сафранов, д-р геол.-мин. наук

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, vladislav.mykhailenko@gmail.com*

Стойкие органические загрязняющие вещества - это вещества, представляющие собой серьезную глобальную угрозу здоровью человека и его окружающей среде. Они обладают определенными особенностями: устойчивость к разложению, биоаккумулятивность, чрезвычайная токсичность даже при сверхмалых концентрациях, способность к трансграничному переносу и осаждению. К сожалению, в Украине отсутствует отделена нормативно-законодательная база по стойким органическим загрязняющим веществам. Все нормы и правила регулирования образования этих загрязняющих веществ входят в состав большого количества различных законодательных актов, что не позволяет систематизировать и конкретизировать действия в сфере обращения с СОЗВ. Целью работы является оценка основных источников непреднамеренного образования стойких органических загрязняющих веществ (на примере города Одесса). В ходе работы было установлено, что основными источниками непреднамеренного образования СОЗВ в Одессе являются: сжигание органического топлива стационарными и передвижными источниками; производство строительных материалов; открытые свалки твердых бытовых отходов; копчение мясных и рыбных продуктов; функционирования крематориев; курение табачных изделий; функционирование городской системы канализации. Проведен анализ законодательной базы Украины, в результате которого сделан вывод об отсутствии отдельной законодательной базы по СОЗВ в Украине; впервые для г. Одесса установлен перечень основных источников непреднамеренного образования этих веществ, определена масса стойких органических загрязняющих веществ, которая образуется от каждого вида рассмотренных производств с использованием самых современных европейских методик, рассчитана суммарная их масса генерации по территории города Одесса. Так как разные методики дают результаты в различных единицах измерения, был осуществлен переход к одной единице измерения. Опираясь на понятие «предельно допустимая концентрация», определено допустимое количество молекул СОЗВ в эквиваленте на 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (ТХДД), которое может попадать в организм одного человека непосредственно через органы дыхания. Проведено сравнение количества молекул 2,3,7,8-ТХДД, которые попадают в атмосферу с допустимым количеством, которое приходится на одного жителя Одессы, сделаны соответствующие выводы в соответствии с произведенными расчетами непреднамеренного образования СОЗВ в г. Одесса на протяжении одного года. Также, опираясь на полученные результаты, установлено приоритетные источники непреднамеренного продуцирования стойких органических загрязняющих веществ, что позволяет правильно и своевременно принять соответствующие меры по сокращению образования этих загрязняющих веществ.

Ключевые слова: стойкие органические загрязняющие вещества, полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибнезофураны (ПХДД/Ф), полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), эмиссия, загрязнение, Одесса.

*Подання до редакції : 12. 02. 2018
Надходження остаточної версії : 24. 05. 2018
Публікація статті : 29. 06. 2018*