

низким пластовым давлением и высокими забойными температурами // В сб.: Доклады IV Междунар. конф. "Проблемы геодинамики и нефтегазоносности Черноморско-Каспийского региона". – Симферополь, 2002. – С. 251–253. 5. Горський В. Ф. Безклінкерний полегшений тампонажний цемент // У зб.: матер. VII Міжнар. конф. "Нафта і газ України-2002". – К. 2002. – С. 337–338. 6. Новые составы облепченных тампонажных растворов для цементирования обсадных колонн при умеренных температурах / Н. В. Долгушина, И. И. Белей. 14 науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов "Проблемы развития газовой промышленности Западной Сибири". – Тюмень, 25–28 апреля, 2006. ООО "ТюменНИИгипрогаз". – С. 138–140. 7. Ondova M., Stevulova N., Harcar A. Fly ash concrete pavements // XIII International scientific conference "Current issues of civil and environmental engineering in Kosice, Lviv and Rzeszow". – 7–9 September / 2000. – Kosice, 2000.

УДК 628.47:658.567.1:502.174:504.064:666.9

С.Я. Хруник, Ю.Л. Новицький, М.А. Саницький, О.Т. Мазурак<sup>1</sup>  
Національний університет "Львівська політехніка",  
<sup>1</sup>Львівський національний аграрний університет

## ЕНЕРГЕТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ГОРЮЧИХ ВІДХОДІВ ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

© Хруник С.Я., Новицький Ю.Л., Саницький М.А., Мазурак О.Т., 2012

**Подано результати моніторингу викидів забруднювальних речовин від установок утилізації горючих відходів на сміттєспалювальних заводах і в обертових випалювальних печах. Показана можливість енергетичного використання горючих відходів як альтернативного палива у цементній промисловості.**

**Ключові слова:** горючі відходи, управління відходами, збереження ресурсів, зміна клімату, утилізація, спалювання, обертова піч, співспалювання, альтернативні палива і сировинні матеріали.

**The paper presents results of the pollutant emissions monitoring from combustibile waste utilization facilities such as incineration plants and rotary cement kilns. Possibility of combustilbe wastes as alternative fuels usage in cement industry was shown.**

**Key words:** combustibile wastes, waste management, resource conservation, climate change, utilization, incineration, cement kiln, co-processing, alternative fuels and raw materials.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку цементної промисловості випал клінкеру залишається найенергомісткішим процесом під час виготовлення портландцементу (частка електроенергії та палива становить 60–65 % у собівартості в'язучого). Крім того, в Україні частка мокрого способу виробництва цементу становить понад 50 %, при цьому витрата умовного палива досягає в середньому 220–230 кг/т клінкеру. У той самий час у світі переважає суха технологія випалу клінкеру, а витрата умовного палива на сучасних заводах становить 100–110 кг/т клінкеру.

В Україні працює 15 цементних заводів, максимальна потужність яких у 2008 році становила 15 млн. тонн. На виробництво 1 млн. тонн цементу витрачається у середньому 178 млн. м<sup>3</sup> природного газу. Високі ціни на природний газ та нестабільність його постачання змушують цементні заводи освоювати джерела альтернативних, дешевших видів місцевого палива. У разі повної заміни природного газу кам'яним вугіллям та альтернативним паливом на основі горючих відходів (зношені шини, відходи вугільної промисловості, інші горючі промислові, побутові та

сілськогосподарські відходи) у виробництві цементу економія природного газу для України може становити близько 2,5 млрд. м<sup>3</sup> на рік. Процеси подальшої оптимізації пічного та помельного відділень фактично вичерпані, тому з урахуванням високого рівня споживання палива під час випалу портландцементного клінкеру, постійного зростання цін на основні енергоносії, невеликого терміну окупності вкладень в альтернативне паливо та збільшення кількості промислових та побутових відходів виникає необхідність ширшого використання горючих відходів як альтернативного палива у цементній промисловості України.

Щороку в Україні утворюється приблизно 285 млн. тонн вторинної сировини і відходів виробництва, серед яких частка горючих становить – близько 10 мас. %. У населених пунктах України щорічно накопичується у середньому 35 млн. м<sup>3</sup> твердих побутових відходів, які захоронюють на 770 полігонах загальною площею майже 3 тис. гектарів та частково утилізують на сміттєспалювальних заводах [1]. Близько 20 мас.% відходів комунальної сфери (папір, картон, текстиль, пластик, деревина), одержаних відсортуванням із загальної маси побутового сміття, а також деякі промислові відходи (зношені автомобільні шини, гума, деревина, осади стічних вод, шлами переробки макулатури, некондиційний пластик тощо) є цінною вторинною енергетичною сировиною. У процесі їх згоряння виділяється теплова енергія (10–35 МДж/кг залежно від вологості) та утворюється твердий залишок (зола), які доцільно комплексно використовувати як вторинну енергетичну і матеріальну сировину.

**Постановка проблеми.** Надзвичайно високі показники утворення та накопичення відходів виробництва і споживання, наростаюча енергетична криза, підвищення цін на природне паливо та електроенергію, жорсткість екологічних норм і міжнародних вимог щодо зменшення використання невідновлюваних енергетичних і сировинних ресурсів, скорочення викидів парникових газів та інших забруднювальних речовин визначають доцільність комплексного впровадження промислового використання вторинної енергетичної і матеріальної складових відходів. Термічна утилізація відходів в обортових випалювальних печах вирішує одночасно проблеми їх ліквідації та зниження собівартості виробництва цементного клінкеру. З точки зору охорони довкілля, однією з найбільших проблем є зношені автомобільні шини, які становлять 60–70 % від виробництва гумової промисловості, і більшість з них потрапляє на сміттєзвалища. Відходи гумової промисловості, використані транспортувальні лінії чи зношені автомобільні шини є привабливим альтернативним паливом для цементної промисловості, з огляду на порівняно простий спосіб складування, подачі у піч і високу калорійність.

Сьогодні енергетичне використання горючих відходів в Україні на стадії впровадження і вивчення його впливу на стан довкілля є важливим елементом екологічної безпеки держави. Залежно від способу спалювання відходів до складу відхідних газів входять у певних співвідношеннях: CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, а також частково спалені або неспалені вуглеводні (ПАВ, діоксини і фурані) та інші забруднювальні речовини (HCl, HF, важкі метали). Більшість цих сполук у кількостях, що перевищують ГДК, є шкідливими для довкілля і здоров'я людини. Саме тому процеси термічної утилізації горючих відходів вимагають складних замірів викидів та експериментальних досліджень для досягнення повнішої і безпечнішої нейтралізації відходів, а отже, і зниження частки шкідливих забруднювальних речовин у викидах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки в Україні спостерігаються позитивні зрушення у законодавчій сфері щодо поводження з відходами, гармонізація з європейським екологічним законодавством. Розроблено низку стратегій і програм екологічної політики в галузі поводження з відходами на загальнодержавному, регіональному і місцевому рівнях [2–4], а також Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011–2015 роки [5]. Визначено основні завдання щодо рециклінгу, складування та інших способів управління відходами: до 2015 року впровадити комплексну переробку та утилізацію ресурсоцінних компонентів побутових відходів і технологій ефективного використання побутових відходів як енергоресурсу [3]; до 2020 року збільшити в 1,5 раза обсяг заготівлі, утилізації та використання відходів як вторинної сировини [2]; до 2015 року створити сучасні об'єкти приймання та переробки твердих побутових відходів [3]; забезпечити до 2015 року зберігання 70 % побутових відходів міст з населенням ≤250 тис. осіб на спеціалізованих та екологічно безпечних полігонах; зменшити до

2020 року в спеціальних місцях зберігання побутових відходів на 15 % базового рівня частки відходів, що піддаються біологічній деградації [2]; до 2015–2020 років запровадити новітні технології утилізації твердих побутових відходів та забезпечити перетворення сфери поводження з побутовими відходами на самоокупну та рентабельну галузь [2, 3]. Окрім того, в рамках Національного проекту “Чисте місто” передбачено як пілотний проект будівництво в 10 містах України сучасних комплексів з переробки та утилізації твердих побутових відходів на найвищому технічному та екологічному рівні [4].

Поряд з ДБН В.2.4-2-2005 “Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування” розроблено багато технічних стандартів для об’єктів поводження з відходами: ГБН В.2.2-35077234-001:2011 “Будинки і споруди. Підприємства сортування та перероблення твердих побутових відходів. Вимоги до технологічного проектування”, СОУ ЖКГ 03.09-17:2010 “Побутові відходи. Технологія перероблення відходів пластмас, паперу та картону, що є у складі твердих побутових відходів”, СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 “Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів”, СОУ ЖКГ 08.09-13:2010 “Побутові відходи. Біогаз полігонів побутових відходів, що використовується у когенераційних установках”.

На території України з чотирьох сміттєспалювальних заводів (м. Київ, Харків, Севастополь і Дніпропетровськ) працюють лише Київський і Дніпропетровський, обладнання яких застаріле і не відповідає сучасним екологічним вимогам [1]. Горючі промислові і комунальні відходи як альтернативне паливо утилізують на кількох цементних заводах (ПАТ “Миколаївцемент”, ПАТ “Івано-Франківськцемент”, Дніпродзержинський та Криворізький заводи ПАТ “Хайдельберг-Цемент Україна”). В країнах ЄС екологічні вимоги до процесів термічної утилізації відходів визначає Директива Парламенту і Ради ЄС 2000/76/ЄС від 4.12.2000 р., а на території України – Наказ МОНПС України № 309 від 27.06.2006 р. “Про затвердження нормативів гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел” та Наказ МОНПС України № 23 від 20.01.2009 р. “Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із устаткування (установок) для виробництва цементного клінкеру в обертових випалювальних печах, виробнича потужність яких перевищує 500 тонн на день”, гармонізований із зазначеною Директивою.

**Мета і завдання дослідження.** Основною метою досліджень є оцінка та порівняння рівня екологічної небезпеки термічної утилізації відходів на сміттєспалювальних заводах і в обертових випалювальних печах для реалізації принципів сталого використання природних і техногенних ресурсів на прикладі горючих відходів.

**Методи і матеріали.** Досліджено і проаналізовано загалом 48 зразків викидів обертових випалювальних печей і 92 зразки зі сміттєспалювальних заводів. Відбирання зразків для визначення масової концентрації забруднювальних речовин (поліхлоровані дібензодіоксини/поліхлоровані дібензофурані (ПХДД/ПХДФ), поліхлоровані біфеніли, важкі метали (ртуть, арсен, талій, кадмій тощо)) у викидах стаціонарних джерел спалювання чи співспалювання відходів проводили ізокінетично в емісійному каналі з використанням пробовідбірника ЕМІОТЕСТ 2598 відповідно до вимог EN 1948-1:1996 [6]. Відбирання зразків для вимірювання концентрації неорганічних газів ( $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ) здійснювали екстракційним методом відповідно до ДСТУ ISO 10396-2009 [7]. Відбирання зразків для встановлення вмісту  $HCl$  і  $HF$  здійснювали відповідно до EN 1911-1:1998 [8] за допомогою автоматичного аспіратора. Відбирання зразків для вимірювання масової концентрації  $C_{org}$  у відхідних газах здійснювали відповідно до BS EN 12619:1999 [9] і EN 13526:2002 [10] за допомогою переносного полуменевого аналізатора загального органічного вуглецю. Визначення масової концентрації суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом проводили гравіметричним методом згідно з PN-Z-04030-7:1994 [11]. Визначення концентрації важких металів проводили в аналітичній лабораторії з використанням атомної спектроскопії, а ПХДД/ПХДФ – мас-спектрометрії. Статистичний аналіз одержаних результатів здійснено з використанням інструментів програми STATISTICA 6.0. Вивчення фазового складу та властивостей альтернативного палива здійснювали за допомогою комплексу сучасних фізико-хімічних методів аналізу: рентгенівської

дифрактометрії, диференційної термографії. Хімічний склад горючих відходів, природного і альтернативного палив та золи, одержаної після їх спалювання, визначали рентгеноспектрометричним методом. Фізико-механічні випробовування портландцементів проводили згідно з ГОСТ 310.1-3-76; 310.4-81; 310.6-85.

**Результати досліджень.** Однією з основних тенденцій зниження собівартості портландцементного клінкеру є використання під час випалу в обертових печах замість природного газу кам'яного вугілля та альтернативного палива на основі горючих відходів, оскільки вартість 1 ГДж енергії таких палив з урахуванням транспортних витрат на 30–70 % менша від вартості природного газу. До того ж за випалу клінкеру в обертових печах частина золи альтернативного палива присаджується на клінкер у зоні спікання або осідає на сировинну суміш у процесі руху вздовж печі до зони спікання, вступає в хімічну взаємодію з оксидами сировинної суміші, чим може істотно впливати на мінералогічний склад готового продукту. Результати хімічного аналізу золи кам'яного вугілля свідчать про переважний вміст  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , що може знижувати коефіцієнт насичення і підвищувати силікатний модуль портландцементного клінкеру під час впровадження компонентів золи до його складу.

Зношені автомобільні шини є цінною вуглеводневою сировиною: середня калорійність їх становить 26 МДж/кг, а температура початку займання – 280 °С. На основі даних диференційно-термічного аналізу встановлено, що в температурному інтервалі 350–500 °С відбувалися основні фізико-хімічні перетворення у процесі згоряння автомобільних шин, які супроводжувалися істотною зміною маси (60 мас.% від загальних втрат під час прожарювання). Зольність зразків зношених автомобільних шин становила 17,4 мас.%. Згідно з даними хімічного аналізу, така зола характеризувалася підвищеним вмістом  $\text{ZnO}$  та  $\text{SO}_3$ , який становив відповідно 11,1 та 9,2 мас.%. Аналіз дифрактограми золи від спалювання зношених шин свідчить про те, що досліджувана зола характеризувалася інтенсивними лініями вільеміту  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$  ( $d/n= 0,277; 0,260; 0,218$  нм) та ангідриду  $\text{CaSO}_4$  ( $d/n=0,349; 0,283; 0,231; 0,220; 0,186; 0,162$  нм). За мокрого способу виробництва з витратою умовного палива на рівні 220 кг/т клінкеру з заміною на 10–20 % альтернативного палива кількість золи становитиме всього 1,7–3,5 мас.%. При цьому вміст важких металів не перевищує вимоги для одержання якісного портландцементного клінкеру, а в процесі випалу вони іммобілізуються в структурі клінкерних мінералів. Під час застосування у процесі випалу портландцементного клінкеру як альтернативного палива зношених автомобільних шин з металевим кордом у пічну систему вноситься залізо, що дає змогу на 1,3–2,6 мас.% зменшити вміст залізовмісного компонента сировинної суміші.

Для одержання портландцементного клінкеру заданого складу проведено розрахунок сировинної суміші з урахуванням присадки золи палива під час згоряння кам'яного вугілля та альтернативного палива. Встановлено зміну хімічного та мінералогічного складу портландцементного клінкеру та його модульних характеристик під час співспалювання вугілля та альтернативного палива. Так, заміна природного газу вугіллям і зношеними автомобільними шинами спричиняє деяке зниження вмісту  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  та підвищення вмісту оксидів  $\text{Al}_2\text{O}_3$  та  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  у складі клінкеру, що зумовлено особливістю хімічного складу золи використовуваних палив. Проведені розрахунки сировинних сумішей з урахуванням присадки золи палива дають можливість одержати портландцементний клінкер з заданими хіміко-мінералогічними характеристиками.

Методами фізико-хімічного аналізу досліджені фазовий склад і мікроструктура клінкерів, випалених на газі та з використанням вугілля і зношених автомобільних шин. Головні клінкерні мінерали мають добру кристалізацію, а на дифрактограмах спостерігаються основні лінії негідратованих клінкерних мінералів. Мікроструктура клінкеру, випаленого з використанням вугілля та атомобільних шин, є неодноріднішою внаслідок недостатнього перемішування золи з випалюваним матеріалом. Слід зазначити, що підвищення пористості від 4,0 до 14,0 % для клінкеру, випаленого з використанням вугілля та автомобільних шин, визначає його покращену розмолотоздатність. Результатами рентгеноспектрального аналізу виявлено, що хімічний склад клінкерів, випалених з використанням вугілля та зношених автомобільних шин, характеризується дещо підвищеним вмістом  $\text{SO}_3$  – до 0,7 мас.%.

Проведеними фізико-механічними випробуваннями портландцементів на основі клінкерів, випалених на природному газі та змішаному паливі (газ+вугілля та вугілля+зношені шини), встановлено незначне збільшення термінів тужавіння порівняно з портландцементом, одержаним на основі клінкеру, випаленого на природному газі. Міцність таких портландцементів через 7 та 28 діб тверднення істотно не відрізняється. Після тепловологої обробки (ТВО) гідравлічна активність клінкеру, одержаного з модифікованого шламу під час використання альтернативного палива, становить 35–38 МПа, що відповідає I групі ефективності після пропарювання.

Проведено відбирання зразків викидів цементних заводів, де спалювали відходи та викиди сміттєспалювальних заводів. У процесі відбирання зразків в обертових печах вугілля заміщали 10–52 % в енергетичному еквіваленті альтернативним паливом: зношені автомобільні шини, подрібнене тверде альтернативне паливо на основі горючих відходів (пластик, папір, текстиль, відпрацьовані оливи тощо). На сміттєспалювальних заводах спалювали від 2 до 5750 кг/год комунальних відходів, осадів стічних вод, синтетичних матеріалів, медичних, ветеринарних, небезпечних відходів тощо.

Для оцінки впливу на довкілля термічної утилізації відходів проведено порівняння викидів обертових печей і сміттєспалювальних заводів (рис. 1–3). З метою візуалізації результатів замірів та оцінки кількості і характеру перевищень вимог побудовано діаграми розмаху концентрації забруднювальних речовин у відхідних газах сміттєспалювальних заводів та обертових печей. На діаграмах навколо середньої точки (медіани) прямокутник являє собою діапазон, що охоплює від 25 до 75 % даних вибірки, а відрізки, що відходять у протилежні сторони від прямокутника (вуса), відображають діапазон решти двох чверток вибірки та завершуються мінімумом і максимумом.

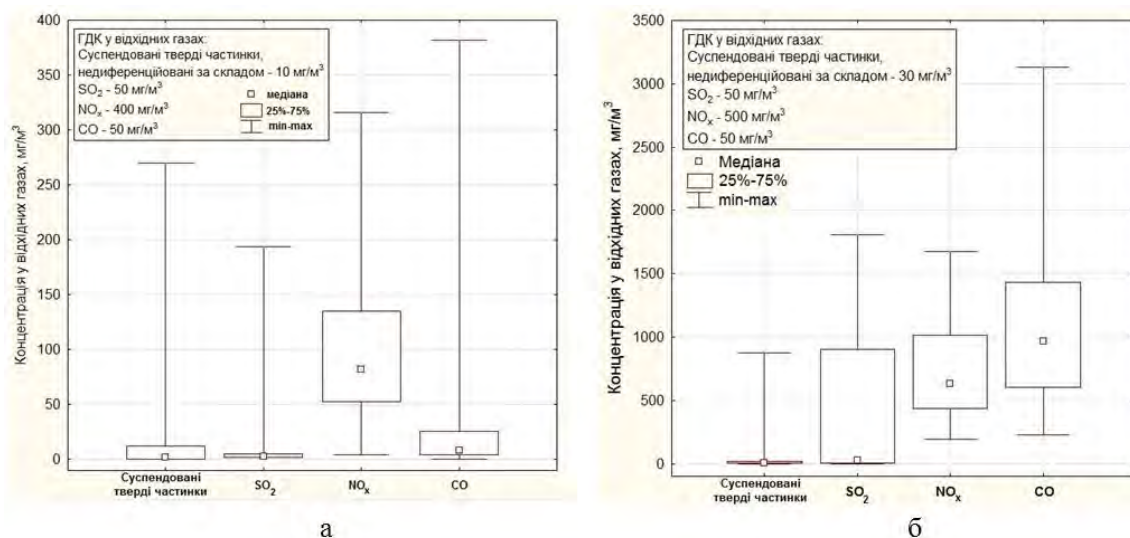


Рис. 1. Діаграма розмаху концентрації суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> і CO у відхідних газах сміттєспалювальних заводів (а) та обертових печей (б)

Встановлено, що в обох випадках максимальні значення концентрації C<sub>орг</sub>, HCl, HF, суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, важких металів, SO<sub>2</sub>, діоксинів і фуранів перевищували граничнодопустимі значення вимог Директиви 2000/76/ЄС [12]. Середні значення концентрації суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO у викидах сміттєспалювальних заводів (рис. 1, а) не перевищували заданих. У відхідних газах обертових печей встановлено значний вміст SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO (рис. 1, б), ці викиди пов'язані зі специфікою випалу портландцементного клінкеру та не залежали від збільшення частки спіспалюваних відходів.

Середні значення концентрації важких металів у викидах сміттєспалювальних заводів були близькими до вимог, однак спостерігалися перевищення у 10–20 разів (рис. 2, а). У викидах обертових випалювальних печей не виявлено значних перевищень концентрації важких металів у відхідних газах (рис. 2, б), оскільки вони майже повністю іммобілізуються у процесі випалювання в

структурі клінкерних мінералів. У більшості зразків викидів (75 % вибірки) обертових печей не спостерігалось перевищення вимог щодо концентрації суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом, ртуті та інших важких металів.

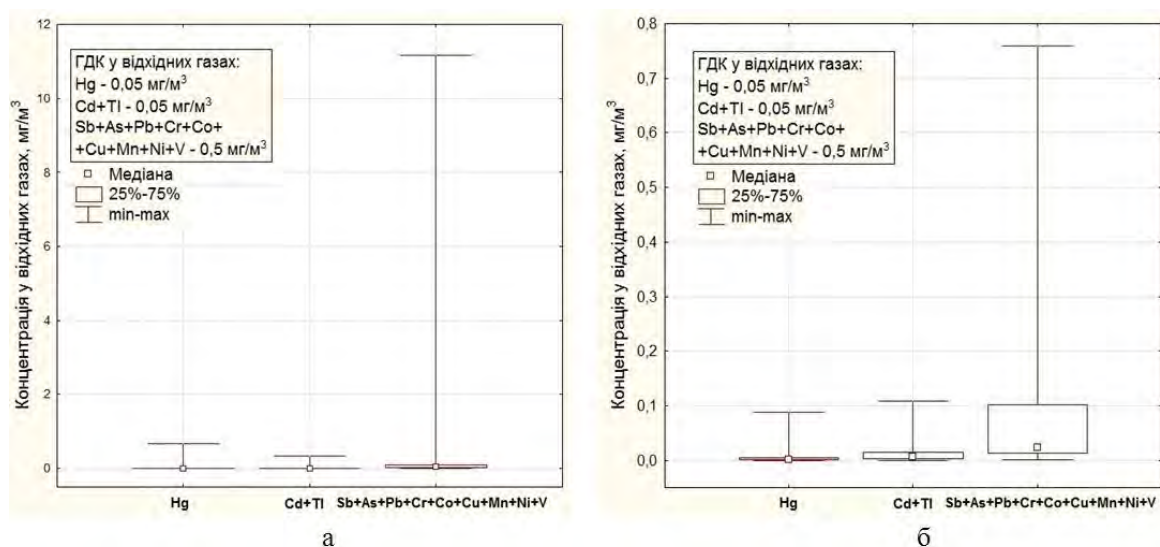


Рис. 2. Діаграма розмаху концентрації важких металів у відхідних газах сміттєспалювальних заводів (а) і обертових печей (б)

Середні значення вмісту  $C_{орг}$  у викидах сміттєспалювальних заводів не перевищували вимог, а у викидах обертових печей – перевищували їх вдвічі (рис. 3, а). Середні значення концентрації НСІ і НФ були нижчими за норму як для обертових печей, так і для сміттєспалювальних заводів, але в обох способах термічної утилізації виявлено перевищення вимог (рис. 3). Для обох термічних процесів спостерігалось перевищення концентрації діоксинів і фуранів (рис. 3), однак максимальне значення для обертових печей було незначним і становило  $0,5 \text{ нг ТЕ/м}^3$ , а для сміттєспалювальних заводів –  $67,5 \text{ нг ТЕ/м}^3$ , що у 675 разів більше від дозволеного. Слід зазначити, що для сміттєспалювальних заводів і обертових печей у 75 % випадків не спостерігалось перевищення допустимої концентрації  $0,1 \text{ нг ТЕ/м}^3$  діоксинів і фуранів у відхідних газах.

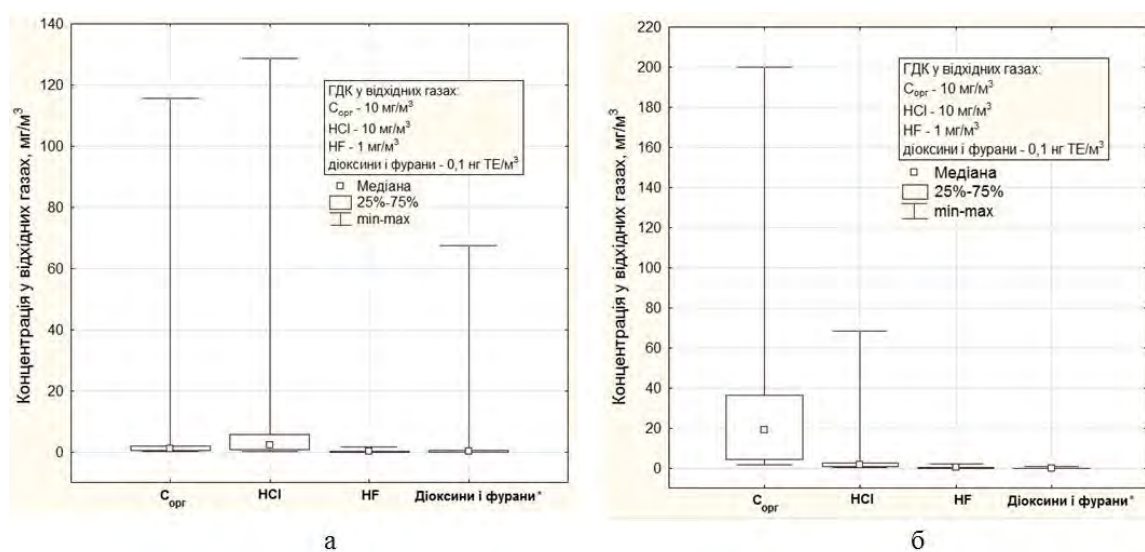


Рис. 3. Діаграма розмаху концентрації  $C_{орг}$ , НСІ, НФ, діоксинів і фуранів у відхідних газах сміттєспалювальних заводів (а) і обертових печей (б)

\* – концентрація діоксинів і фуранів наведена у  $\text{нг ТЕ/м}^3$  (ТЕ – токсичний еквівалент)

**Висновки.** Горючі відходи, непридатні для використання як вторинна сировина, можуть і повинні широко використовуватися для виробництва альтернативного палива. Термічна утилізація відходів в обертових випалювальних печах є екологічно безпечнішою, ніж на більшості сміттєспалювальних заводів, з огляду на викиди шкідливих для довкілля і здоров'я людини токсикантів (важких металів, діоксинів і фуранів). Особливо важливо зазначити, що утилізація відходів в обертових печах під час випалу портландцементного клінкеру дає змогу: заміщати частку природного палива альтернативним на основі горючих відходів; скорочувати використання невідновлювальних природних ресурсів (газ, вугілля, мазут); значно зменшити кількість відходів, які б спалювали на сміттєспалювальних заводах чи складували на полігонах відходів; зменшити викиди забруднювальних речовин, зокрема парникових газів, у процесі поводження з відходами, шляхом елімінації складування і/або спалювання горючих відходів; комплексно використовувати горючу і негорючу складові відходів. Тому доцільно збільшувати кількість спалюваного альтернативного палива на основі горючих відходів в обертових печах. Водночас необхідно під час спорудження нових або модернізації існуючих сміттєспалювальних заводів застосовувати найвищі стандарти екологічної безпеки, оскільки не усі відходи можна спалювати в обертових випалювальних печах. Реалізація сучасних екологічних стандартів у галузі поводження з відходами сприятиме пошуку шляхів ефективнішого використання матеріалів, мислення на рівні експлуатаційного циклу, мінімізації утворення виробничих відходів та підвищення екологічної відповідальності виробництв, впровадження передових інноваційних технологій переробки відходів у вторинні матеріальні та енергетичні ресурси.

1. Програма поводження з твердими побутовими відходами; затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 265 від 04.03.2004 р. 2. Закон України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" № 2818-VI від 21 грудня 2010 року. 3. Обласна програма поводження з твердими побутовими відходами на період 2007–2015 років: Рішення Львівської обласної ради № 310 від 12.06.07 року. 4. Постанова Кабінету Міністрів України № 1256 від 8 грудня 2010 р. Перелік проектів із пріоритетних напрямів соціально-економічного та культурного розвитку (національні проекти). 5. Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011–2015 роки; затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України № 577-р від 25 травня 2011 р. 6. Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs – Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs : Sampling: EN 1948-1:1996, IDT. – [Valid from 2006-01-23]. – Brussels: CEN, 2006. – 64 p. – (European standard). 7. Викиди стаціонарних джерел. Відбирання проб для автоматичного визначення концентрації газових викидів стаціонарними системами контролю (ISO 10396:2007, IDT): ДСТУ ISO 10396:2009. – [Чинний від 2011-01-01]: Держспоживстандарт України. – (Національні стандарти України). 8. Stationary source emissions – Manual method of determination of HCl - Part 1: Sampling of gases: EN 1911-1:1998. – [Valid from 1998-03-23]. – Brussels: CEN, 1998. – 16 p. – (European standard). 9. Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon at low concentrations in flue gases. Continuous flame ionization detector method: BS EN 12619:1999. – [Valid from 1999-11-15]. – Brussels: CEN, 1999. – 20 p. – (European standard). 10. Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon in flue gases from solvent using processes – Continuous flame ionization detector method: BS EN 13526:2002. – [Valid from 2002-12-24]. – Brussels: CEN, 2001. – 24 p. – (European standard). 11. Measurement of concentration and mass flow rate of particulate matter in flue gases by manual gravimetric method: PN-Z-04030-7:1994. – [Valid from 1994-12-30]. – 36 p. – (Polish Standard). 12. Directive 2000/76/ec of the European parliament and of the council of 4 December 2000 on the incineration of waste [Electronic resource] / Official Journal, 2000. – L 332/103. – P. 1–72.