

С.Я. Хруник, О.Т. Мазурак¹, М.А. Саницький, К. Рецько²

Національний університет “Львівська політехніка”,

кафедра будівельного виробництва,

¹Львівський національний аграрний університет,

²Технічний університет “Політехніка Ченстоховська”, Польща

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД У ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

© Хруник С.Я., Мазурак О.Т., Саницький М.А., Рецько К., 2013

Наведено результати досліджень осадів стічних вод і вугільних шламів. Представлено концепцію комплексної термічної утилізації осадів стічних вод і вугільних шламів. На основі дослідження створено гранульоване альтернативне паливо. Співспалювання альтернативного палива на основі осадів стічних вод сприяє зниженню використання природних видів палива у цементній промисловості і дає змогу зменшити кількість неутилізованих відходів.

Ключові слова: осади стічних вод, горючі відходи, вугільні шлами, співспалювання, обертова піч, альтернативне паливо, викиди, утилізація.

The paper presents the results of sewage sludge and carbon mud waste analysis. The conception of complex thermal utilization of sewage sludge and carbon mud was shown. On the basis of our study a granulated alternative fuel was created. Alternative fuels from sewage sludge co-processing help to reduce the usage of natural fuels in the cement industry and decrease the amount of unused waste.

Key words: sewage sludge, combustible waste, carbon mud, co-processing, cement kiln, alternative fuels, emissions, utilization.

Вступ

Цементна промисловість використовує велику кількість природних мінеральних і енергетичних ресурсів. Сьогодні вугілля є основним джерелом енергії для цементної та інших галузей промисловості, заміщаючи природний газ. Субституція природного палива альтернативним на основі відходів контрольованого складу має на меті розширити спектр енергетичних ресурсів для цементної промисловості. Матеріальна і енергетична утилізація відходів в обертових випалювальних печах за принципом безвідходних технологій зменшує використання невідновних природних ресурсів і скорочує обсяги накопичуваних відходів. Тим самим реалізуються основні цілі стратегії безперервного розвитку – гармонійне поєднання вигоди для промисловості з вирішенням соціальних та екологічних проблем.

Горючі відходи як додаткове/замісне альтернативне паливо застосовують уже понад 20 років під час випалювання портландцементного клінкеру в обертових випалювальних печах, попередніх підігрівачах, прекальцинаторах на цементних заводах в усьому світі [1]. Згідно з даними Європейської цементної асоціації – CEMBUREAU, щорічно в країнах Євросоюзу з природним паливом разом спалюють 6,2 млн. т альтернативного палива з горючих відходів, що рівноцінно заміщенню 15 % теплової енергії. Показовою є практика спільного спалювання альтернативного палива у Польщі, де використанням близько 900 тис. т/рік такого палива заміщають близько 43 % в енергетичному еквіваленті вугілля у цементній промисловості [2].

На цементну промисловість припадає близько 5 % поточних антропогенних викидів CO₂ в усьому світі [1]. Враховуючи зростаючий попит на цемент і збільшення обсягів його виробництва, показники абсолютного споживання енергії в галузі і викиди CO₂ та інших забруднювальних речовин будуть збільшуватися. В обертових випалювальних печах переважно спалюють традиційні види палива, які є невідновними і джерела яких швидко вичерпуються. Висока температура, доволі

тривалий час перебування палива й сировинних матеріалів в обертовій випалювальній печі та інші особливості виробництва цементу зробили спільне спалювання відходів життєздатною стратегією поводження з відходами. Використання горючих відходів у цементній промисловості відоме, як спільне спалювання (співспалювання), офіційно визнане Європейською комісією кращою ресурсоефективною практикою у межах ініціативи «За ресурсозберігаючу Європу» стратегії «Європа 2020», оптимальним способом зменшення залежності від палива і сировини та зниження викидів CO₂ [3]. Зола від спільного спалювання відходів інтегрується у складі клінкерних мінералів, що призводить до економії первинної сировини для випалювання портландцементного клінкеру. Крім того, співспалювання горючих відходів як альтернативного палива у цементній промисловості може допомогти вирішити проблеми, пов'язані зі збільшенням кількості відходів в усьому світі, зокрема осадів стічних вод, особливо в країнах, що розвиваються і переживають швидку урбанізацію [1].

Постановка проблеми

Утилізація відходів є складною для вирішення проблемою, де переплітаються труднощі вибору способу поводження з відходами, можливість відновлення вторинної сировини, вибір способу транспортування, залучення інвестицій, фінансування тощо. В Україні більшість відходів складають на звалищах, де вони роками підлягають процесам біологічного або біохімічного розкладання, що призводить до забруднення ґрунтів, вод і повітря. В останні роки багато говорять про вторинну переробку (повторне використання) відходів, таких як пластик, папір, скло, метали. Однак не усі відходи, навіть з перелічених, надаються для повторного використання через відсутність технологій, економічну недоцільність, наявність інших методів утилізації. Згідно з Директивою 99/31/ЄС щодо захоронення відходів та Директивою 2008/98/ЄС про відходи, вважається недоцільним складувати на полігонах відходи, калорійність яких перевищує 6 МДж/кг [4]. Висушені осади стічних вод (ОСВ) мають калорійність близько 14,5 МДж/кг, тому доцільніше їх використовувати як альтернативне паливо [1].

Горючі відходи розглядають як потенційне джерело відновної енергії та сировини. У процесі випалювання портландцементного клінкеру у Польщі застосовують переважно готове альтернативне паливо з відходів (78 %), зношені автомобільні шини (9 %), відходи деревообробної промисловості (2 %), пластикові відходи (2 %), відходи флотаційного збагачення вугілля (2 %), осади стічних вод (0,3 %) тощо (7 %) [2].

Особливо проблемними є багатотоннажні відходи збагачення вугілля і ОСВ. Сьогодні ще немає технологій, які б уможливили безперервно переробляти ОСВ і тим самим забезпечити нормальну роботу очисних споруд. Лише незначна кількість цих осадів використовується для рекультивациі сміттєзвалищ або як добриво у сільському господарстві. Саме тому розробляють методики термічної утилізації цих відходів. Багато європейських країн впроваджують практику співспалювання ОСВ в обертових випалювальних печах [1, 5, 6].

Висушені/зневоднені ОСВ, які складають на спеціально обладнаних спорудах для їхньої подальшої обробки (мулові площадки, мулові ставки, накопичувачі осаду, компостні майданчики, піскові майданчики), містять значну кількість карбону, з якого утворюється метан. Співспалювання ОСВ в обертових випалювальних печах може усунути викиди метану зі звалищ мулу. Крім того, встановлено [6], що викиди CO₂ зменшуються на 30 %, коли зневоднені ОСВ вводять безпосередньо в обортову піч замість спалювання на сміттєспалювальному заводі. Якщо ОСВ утилізують як альтернативне паливо відповідно до жорстких екологічних стандартів і правил, немає жодних додаткових ризиків для здоров'я та довкілля порівняно з тими, які виникають у разі використання традиційного палива (вугілля) [7].

Важливість питання покращення стану очищення стічних вод і поводження з ОСВ пов'язане з прагненням вступу України до структур Європейської Спільноти. Тому необхідно, наскільки це можливо, застосовувати найкращі доступні технології (ВАТ – Best Available Technique) до процесів попередньої обробки (зневоднення, сушіння) та використання ОСВ з метою забезпечення екологічної безпеки співспалювання ОСВ у цементній промисловості.

Мета і завдання дослідження

Основною метою досліджень є оцінка можливостей та перспектив енергетичного використання у цементній промисловості осадів стічних вод і вугільних шламів як горючих відходів; описано спосіб одержання альтернативного гранульованого палива на їх основі для співспалювання з вугіллям в обертових випалювальних печах.

Виклад основного матеріалу

Стічні води з комунальних і промислових джерел поступають для очищення на станцію очищення стічних вод. У результаті технологічних циклів обробки стічних вод на очисних спорудах утворюються ОСВ. Стоки проходять первинне очищення, після чого – процеси ущільнення, стабілізації, кондиціонування для руйнування колоїдної структури осаду та збільшення водовіддачі за зневоднення.

Першим кроком в очищенні стічних вод є процес попередньої обробки (проціджування) – видалення частинок більших розмірів пропусканням води через решітки, а дрібніших – через сита. На наступному етапі стічні води піддають первинній обробці, яка передбачає використання освітлювачів і відстійників для осадження частинок у стічних водах. Під час цього процесу видаляють близько 50–60 % завислих частинок, а осади містять значну кількість органічної речовини. Після цього стічні води піддають вторинній та третинній обробці (біологічне очищення), де вводять аеробні (або анаеробні) мікроорганізми, які живляться залишками органічних завислих речовин, руйнуючи їх. Стоки проходять через вторинний відстійник і на виході ОСВ містять 90 % органічної речовини [8].

Зневоднення і подальше висушування осадів вимагає енергетичних затрат. Згідно з рекомендаціями ВАТ [6] для висушування ОСВ можна використовувати тепло від охолодження клінкеру або відхідні гази з обертової печі. У Польщі в останні роки на основі ОСВ створюють альтернативне паливо для цементної промисловості і енергетики.

На рис. 1 показано приклад життєвого циклу побутових стічних вод. У результаті обробки ОСВ отримують такі корисні продукти, як добрива, паливо, тепло або електроенергію, які здатні замінити аналогічні продукти, вироблені в традиційний спосіб.

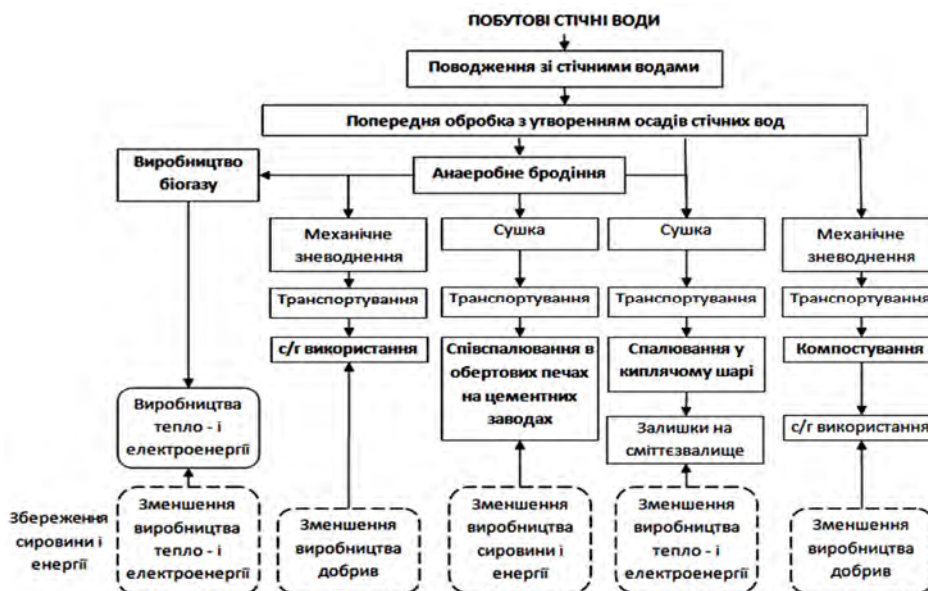


Рис. 1. Життєвий цикл побутових стічних вод

Досліджено ОСВ з двох польських станцій очищення стічних вод (м. Радзьонкув і м. Ченстохова) [5]. ОСВ відбирали після ферментації і механічного зневоднення та проводили аналіз параметрів, наведених у табл. 1, порівнюючи з данськими ОСВ (м. Ольборг) та вимогами щодо допустимого вмісту важких металів [8, 9].

За результатами досліджень встановлено, що ОСВ характеризувалися підвищеним вмістом важких металів у своєму складі. Концентрація цинку у польських ОСВ сягала 6375 мг/кг сухої речовини і перевищувала допустимий вміст згідно з Директивою 86/278/ЄЕС. Вміст важких металів у складі ОСВ з Польщі і Данії сягав і перевищував допустимі значення вмісту важких металів в ОСВ для енергетичного використання [9].

Таблиця 1

Вміст важких металів в осадах стічних вод (у перерахунку на суху речовину)

Важкі метали		Допустимий вміст важких металів в ОСВ		Місце утворення ОСВ	
		для с/г використання [8]	для енергетичного використання [9]	Данія [8]	Польща
Вміст, мг/кг:	Pb	750-1200	200	50	150–620
	Cd	20-40	10	1,3	10–17
	Cu	100-1750	200	243	106–226
	Zn	2500-4000	500	700	2575–6375

Вугільні шлами утворюються з водно-шламового обігу часточок дуже малого розміру на вугільних копальнях. Здебільшого їх відправляють на постійне зберігання у відстійниках або на звалища. Вологість досліджуваних вугільних шламів становила 5–7 мас.%, вміст карбону – 30 мас.%, сірки – 0,5–0,9 мас.%, зольність – 50–60 мас.% [5].

Тверде альтернативне паливо для цементної промисловості виготовляли з ОСВ польських станцій очищення стічних вод (м. Радзьонкув і м. Ченстохова) та вугільних шламів польської кам'яновугільної копальні «Яніна» у різних співвідношеннях. Обидва види відходів змішували до одержання пластичної маси відповідної вологості та консистенції. Приготовлені суміші витримували протягом однієї–двох діб у повітряно-сухих умовах, а потім гранулювали на пресі. У виробленому в такий спосіб альтернативному паливі визначали основні технічні характеристики, представлені у табл. 2. Одержане альтернативне паливо мало циліндричну форму $\varnothing = 8$ мм (рис. 2, в). Гранульоване тверде альтернативне паливо на основі ОСВ і вугільних шламів завдяки низькому вмісту сірки і вологості придатне для співспалювання з калорійнішими видами палива у цементній промисловості (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика гранульованого альтернативного палива на основі ОСВ і вугільних шламів

Параметри	Гранульоване тверде альтернативне паливо
Теплота згорання, МДж/кг	7,9-9,8
Вміст сірки, мас.%	0,9-1,0
Вологість, мас.%	5,1-5,9
Зольність, мас.%	39,0-42,1

З 2009 р., після модернізації станції очищення стічних вод «Варта» у м. Ченстохова і введенні в експлуатацію обладнання для сушіння ОСВ (рис. 2, а), виробляють також самостійне гранульоване альтернативне паливо на основі ОСВ з вологістю ≤ 10 мас.%, калорійністю близько 14,5 МДж/кг (рис. 2, б), придатне для співспалювання з вугіллям в обертових випалювальних печах.

У процесі випалювання портландцементного клінкеру висушені ОСВ як альтернативне паливо спалюють разом із вугіллям. Максимальна швидкість подачі ОСВ не повинна перевищувати 5 % від потужності виробництва клінкеру. Це означає, що для обертової випалювальної печі продуктивністю 2000 тонн клінкеру/добу можна використати не більше 100 тонн/добу ОСВ без погіршення якості клінкеру [6, 8]. Для технічної можливості енергетичного використання ОСВ та інших горючих відходів необхідно встановити багатоканальний пальник з можливістю одночасної подачі традиційного первинного викопного палива та альтернативного палива, одержаного з відходів. Згідно з висновками Європейської Комісії, ОСВ можна заміщати до 20 % первинних викопних видів палива, що використовується на цементних заводах [6]. Необхідно зазначити, що у

Польщі планують нарощувати потужності для термічної переробки ОСВ, а вже у 2014 р. термічно утилізувати близько 8 % побутових ОСВ.

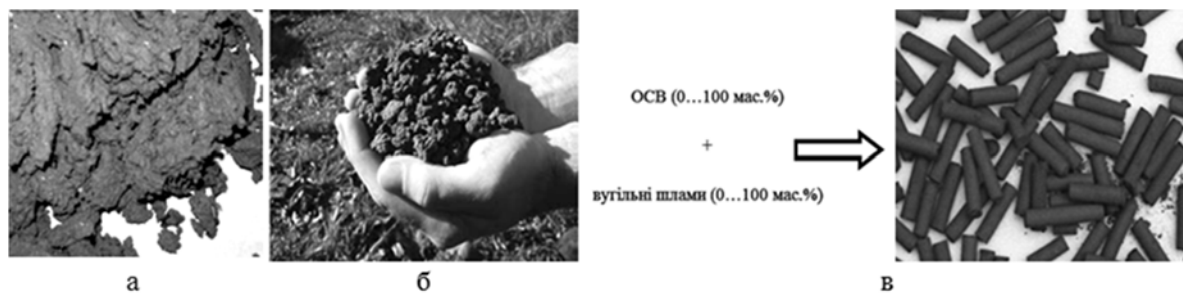


Рис. 2. Осади стічних вод до обробки (а), гранульовані осади стічних вод після сушки (б), гранульоване альтернативне паливо на основі осадів стічних вод і вугільних шлаків (в)

Використання горючих відходів як альтернативного палива у цементній промисловості є оптимальним способом отримання енергії з відходів. Заміщення у чітко контрольованих умовах цементної промисловості невідновних традиційних ресурсів відходами, створеними внаслідок розвитку людської цивілізації, комплексно вирішує складні екологічні проблеми суспільства та довкілля.

Висновки

Виробництво альтернативного палива на основі горючих відходів, зокрема осадів стічних вод і вугільних шлаків, перспективне в Україні, де розвинена кам'яновугільна промисловість, а проблема очищення стічних вод і поводження з осадами стічних вод наразі ще повністю не вирішена. Використання альтернативного палива у цементній промисловості вирішує проблему складних багатотоннажних відходів, зокрема осадів стічних вод, та веде до збереження природних ресурсів (палива і сировини). Енергетичне використання альтернативного палива на основі осадів стічних вод не вимагає складних технічних чи технологічних вирішень. Співспалювання горючих відходів в обортових випалювальних печах здійснює позитивний внесок у зменшення викидів парникових газів.

1. ALF-CEMIND, Contract N°: TREN/05/FP6/EN/S07.54356/020118. – [Electronic resource] / Final Publishable Report, January 2008. – Mode of access: http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/doc/market_support/alf_cemind_final_publishable_report.pdf. 2. Ślądcezek F. Wymagania najlepszych dostępnych technik (BAT) dla współspalania odpadów w przemyśle cementowym / F. Ślądcezek // Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych. – Warszawa–Opole, 2012. – Nr. 11. – S. 125–135. 3. Co-processing: the cement industry's contribution to the resource efficiency agenda [Electronic resource] / Eurobrief September 2012. – Mode of access: <http://www.cembureau.eu/newsroom/article/co-processing-cement-industry%E2%80%99s-contribution-resource-efficiency-agenda>. 4. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste // OJ. – 1999. – L 182. – P. 1–19. 5. Energetyczne wykorzystanie odpadów w przemyśle cementowym [Text] / J. Bień, M. Sanytsky, K. Rećko, S. Khrunyk // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Praca zbiorowa / pod red. T. Bobko. – Częstochowa (Poland), 2007. – S. 11–16. 6. International Best Practices for Pre-Processing and Co-Processing Municipal Solid Waste and Sewage Sludge in the Cement Industry. – [Electronic resource]. – Mode of access : http://eaei.lbl.gov/sites/all/files/co-processing_2.pdf. 7. Taruya T. Reuse of sewage sludge as raw material of Portland cement in Japan [Text] / T. Taruya, N. Okuno, K. Kanaya // Water Science and Technology, 2002. – 46 (10). – P. 255–258. 8. Poulsen T. G. Strategic Environmental Assessment of alternative Sewage Sludge Management Scenarios [Text] / T. G. Poulsen, J. A. Hansen // Waste Management and Research, 2003. – № 21. – P. 19–28. 9. Methodology for the determination of technical co-incineration criteria. – [Electronic resource] – Mode of access: http://www.incineration.info/files/publications/Eurits_tech_criteria_coincin.doc.