

Problems of Economics, 2, 75–79.

4. Platasa, G., Balaban, N. (2009). Methodological approaches to evaluation of information system functionality performances and importance of successfulness factors analysis. *Management Information Systems*, 2, 011–017.

5. Lagsten, J. (2011). Evaluating Information Systems according to Stakeholders: A Pragmatic Perspective and Method. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 14 (1), 73–88.

6. Mnykh, E. (2013). Effectiveness of integrated accounting and analytical systems. *Kiev Natsional Economic Universitet*, 1, 109–116.

7. Solomonov, Yu. S., Shakhtarin, F. K. (2003). Big systems: guarantee supervision and efficiency. Moscow. Mashinostroenie, 368.

Mashinostroenie, 368.

8. Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K. (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*. Boston. Kluwer Academic Publishers, 318.

9. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., Seiford, L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. Boston. Kluwer Academic Publishers, 513.

10. Dvoieglazova, M. V. (2012). Management of integration of information systems of the enterprise and projects of development of machine-building branch. Dissertation for Cand. Sc. (Engineering). Kiyv, 207.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Сахно Є. Ю.
Дата надходження рукопису 20.10.2014*

Двоєглазова Марина Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра управління якістю та проектами, Чернігівський національний технологічний університет, вул. Белова, 4, м. Чернігів, Україна, 14033

E-mail: marinita_1905@mail.ru

УДК691:662.613

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.28511

СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ

© **О. О. Хлопицький**

У роботі розглянуто питання золошлакових відходів, а саме джерела надходження, сучасний стан, проблеми, які існують при переробці або утилізації та перспективи вдосконалення та розвитку цієї галузі в Україні. Розглянуті методи утилізації золошлакових відходів та їх подальше використання у різних галузях виробництва. Представлені дані з перспективи використання та підготовки відходів на прикладі передових світових країн у вирішенні цієї проблеми.

Ключові слова: електростанції, відходи, зола, шлак, розділення, магнітна сепарація, вилучення, вторинна сировина, готові продукти.

The issues of ash-slag waste – the sources of income, current status, problems that exist in the processing or utilization and prospects for improvement and development of this industry in Ukraine are considered in the article. Utilization methods of ash and slag waste and their further usage in various industries are considered. The data about usage prospects and preparation of waste is shown on example of the world's advanced countries in solution of this problem.

Keywords: thermal power stations, waste, ash, slag separation, magnetic separation, removal, secondary raw materials, finished products.

1. Вступ

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основними джерелами утворення відходів є підприємства гірничорудного, хімічного, металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного та агропромислового комплексів. Відходи є одним з найбільш вагомих факторів забруднення довкілля і негативного впливу фактично на всі його компоненти [1].

2. Постановка проблеми

Наявна ситуація, що складається навколо

відходів паливно-енергетичного

комплексу, а саме відходів теплових електростанцій не може, не привернути уваги вчених-дослідників та особливо держави в цілому. Тому пріоритетним напрямком України, як держави є розроблення принципово нових методів утилізації золошлакових відходів опираючись на світовий досвід вирішення проблем.

3. Літературний огляд

Питання утилізації відходів виробництва і споживання в останні роки здобувають вирішальне значення для зниження антропогенного впливу на середовище існування людини, а також у зв'язку з ростом цін на сировину, що супроводжує неминуче виснаження природних ресурсів.

З огляду на велику різноманітність промислових відходів розглянемо питання утилізації відходів паливно-енергетичного комплексу і джерелам утворення.

Джерела відходів паливно-енергетичного комплексу умовно можна розділити на відходи видобутку, збагачення і спалювання вугілля.

– *Відходи видобутку.*

Відходи видобутку в залежності від розробки називають розкривними чи шахтними і вони складають значні обсяги, а тому і відвали займають великі площі земель, піддаються водній і вітровій корозії, забруднюючи прилеглу територію. Значна втрата приносить природному середовищу загоряння териконів, тому навколо відвалів улаштовують захисні зони, що приводить до збільшення площі відчужених земель.

Тверді відходи вуглевидобутку використовують як низькосортне паливо. У світовій практиці відходи вуглевидобутку використовують для закладки вироблених шахтних просторів [2].

– *Відходи вуглезбагачення.*

Відходи вуглезбагачення утворюються при збагаченні вугілля для коксування, енергетичних і інших цілей і являють собою суміш осадових порід, часток вугілля й вугільно-мінеральних зростків.

Відходи вуглезбагачення використовують як енергетичну сировину шляхом спалювання чи газифікації, направляють на перезбагачення, одержують сірку, будівельні матеріали, при влаштуванні насипів, закладці підземних виробок, рекультивациі земель [3].

– *Золошлакові відходи.*

Золошлакові відходи утворюються при спалюванні твердого палива в топках теплових електростанцій при температурі 1200–1700 °С, являючи собою золу і шлак, які змішуючись пневмотранспортом подаються на золовідвали (золотвали).

Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для легких бетонів. В даний час золошлакові відходи широко використовуються в дорожньому будівництві, де їх застосовують як засипку при влаштуванні основи для асфальтобетонних покриттів. Золу використовують і як наповнювач для виробництва рулонних покрівельних матеріалів [4].

Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі, що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії [5]. Розвиток теплової енергетики прогнозується з переважним використанням вугілля, частка якого в у 2030 році в паливному балансі становитиме 85,1 %. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії на ТЕС утворюється значна кількість золи та шлаків.

На території України нараховується 25 потужних теплоелектростанцій (ТЕС) та значна кількість котелень, теплоцентралей і інших підприємств цієї галузі. Протягом року вони продукують близько 30 млн. т золошлакових відхо-

дів, котрі складають для країни значну екологічну проблему, у світі щорічно утворюється близько 700 млн. т золошлакових відходів.

При спалюванні твердих видів палива в топках теплових електростанцій утворюються відходи у вигляді шлаку і золи. Зола і шлак є великотоннажними відходами. Так, наприклад, теплова електростанція потужністю 1 млн кВт/добу спалює близько 10000 т вугілля, при цьому утворюється близько 1000 т золи і шлаку. Вони є продуктами високотемпературної (1200–1700 °С) обробки мінеральної частини палива. Золу уловлюють за допомогою води в спеціальних бункерах і видаляють у вигляді пульпи гідротранспортом в золовідвали. Шлаки гранулюють шляхом швидкого охолодження водою і видаляють у відвали сухим або гідравлічним способом разом із золою. Вихід золашлакових відходів залежить від виду палива і складає: в бурому вугіллі 10–15 %, в кам'яному 3–40 %, в горючих сланцях 50–80 %, в мазуті 0,15–0,20 %.

Паливо спалюють у шарі над колосниковою решіткою у вигляді дрібних шматків або при вдмухуванні в пилоподібному стані. Золи пилоподібного спалювання проходять високотемпературну обробку. Вони мають порівняно однорідний хімічний склад і незначний вміст незгорілих часток палива. Деяка частина золи осідає на трубах казана та стінках топки, але основна її маса (зола-унесення) несеться з димовими газами, уловлюється й накопичується в бункерах, звідки видаляється потоком води або пневмотранспортом [6].

Зола-унесення являє собою тонкодисперсний матеріал, що складається в основному із часток розміром 0,005–0,1 мм. Її хіміко-мінералогічний склад відповідає складу мінеральної частини палива, що спалюється. При згорянні кам'яного вугілля зола являє собою обпалену глинисту речовину із включенням дисперсних часток кварцового піску. При випалі мінеральної частини палива дегідратується глиниста речовина й утворюються низькоосновні алюмінати й силікати кальцію. Основним компонентом золи-унесення є склоподібна алюмосилікатна фаза, що складає 40–65 % всієї маси й має вид часток кулястої форми розміром до 100 мкм. Із кристалічних фаз у золах можуть бути присутнім а-кварц і муліт, а при підвищеному вмісті Fe_2O_3 також гематит.

Якщо мінеральна частина палива містить значну кількість карбонатів, то в золі утворюються низькоосновні силікати й ферити кальцію, здатні взаємодіяти з водою. У невеликій кількості в золу входять наступні домішки: вільні оксиди кальцію й магнію, сульфати, сульфіді й ін. У золах, як правило, міститься вуглець у вигляді різних модифікацій коксових залишків. Вміст їх для кам'яних вуглях – 3–12 %, причому незгорілих часток у тонкодисперсних фракціях золи менше, ніж у грубодисперсних.

Шлаки – основний вид відходів при кусковому спалюванні палива. При пилоподібному спалюванні шлаки становлять 10–25 % від маси утвореної золи.

Шлаки утворюються в результаті спікання окремих часток на колосниковій решітці при температурі понад 1000 °С або при охолодженні розплавленої мінеральної частини палива при температурі більше 1300 °С. У зв'язку з інтенсифікацією процесів спалювання твердого палива й переходом до використання в тепловій енергетиці багатозольних видів вугілля перспективне застосування топок із рідким шлаковидаленням. Продуктами рідкого шлаковидалення з енергетичних топок є паливні гранульовані шлаки, утворені в результаті швидкого охолодження водою мінерального розплаву.

Рідке шлаковидалення забезпечується підігрівом повітря до температури близько 700 °С або зниженням температури плавлення мінеральної частини палива при добавці до неї флюсу. На відміну від зол, шлаки, утворені при більш високих температурах, практично не містять незгоріле паливо й характеризуються більшою однорідністю. Шлаки видаляють гідравлічним або сухим способом. При гідравлічному способі, що має поки більше поширення, золи й шлаки змішуються.[7].

4. Перспективи та потенціал використання золошлакових відходів

Використання відходів теплоелектростанцій має велике економічне і екологічне значення, оскільки їх дуже багато, а створення та утримання відвалів вимагає значних витрат.

Золошлакові відходи є цінною вторинною мінеральною сировиною. Зола і шлак мають гідравлічну активність і можуть використовуватися [8]:

– для виробництва без клінкерних в'язучих, з яких найбільш відомий вапняно-зольний цемент, що отримують спільним помелом золи й вапна. Склад вапняно-зольного цементу залежить від вмісту в золі активного оксиду кальцію; оптимальна кількість вапна в цьому цементі складає 10–40 %;

– для виробництва цементу:

а) як добавки до сировини при виробництві портландцементу. Присутність у складі золи незгорілого палива приводить до зниження його витрати;

б) як активні добавки в готовий портландцемент додають до 15 % тонкомеленого золошлаку, в пуцолановий – до 25–40 %. Введення золи в цемент знижує його міцність у початкові терміни твердіння, а при тривалих термінах твердіння міцність цементу із золою стає вищою;

– для виробництва легких пористих заповнювачів. Паливні шлаки і зола є сировиною для виробництва пористого заповнювача –аглопориту, керамзит отримують спученням і спіканням в печах гранул, що формують із суміші глини, яка спучується і золи;

– шлаки використовують для виробництва щебеню. Шлаки повинні бути стійкі проти розпаду. При повільному охолодженні шлаків разом з утворенням мінералів можуть відбуватися поліморфні перетворення, що призводить до розпаду і мимовільного перетворення шматків шлаку в порошок. Шлаки рекомендують застосовувати

після стабілізації зернового складу, тобто після тривалого (3–6 місяців) вилежування у відвалах. Унаслідок цього в них гаситься вільний оксид кальцію, частково вилуговуються солі і окислюються паливні залишки;

– установлена ефективність введення золи до 20–30 % замість цементу при виготовленні бетонів і розчинів. Особливо доцільно введення золи в бетон гідротехнічних споруд;

– для виробництва легких бетонів. Дрібний заповнювач у бетонах може бути замінений золою. Як крупний заповнювач також застосовують щебінь з паливних шлаків, аглопорит або керамзит на основі золи;

– для виробництва силікатної цегли, замість вапна і піску, при цьому витрата вапна знижується на 10–50 %, піску на 20–30 %. Така цегла має нижчу густину, ніж звичайна;

– як пісна і вигораюча добавки у виробництві керамічних виробів на основі глинистих матеріалів;

– як основну сировину для виробництва зольної кераміки. Так, на звичайному устаткуванні цегляних заводів може бути виготовлена зольна кераміка з маси, що складається із золи, шлаку, натрієвого рідкого скла в кількості 3 % за об'ємом. Зольна кераміка характеризується високою кислотостійкістю, низьким стиранням, високою хімічною і термічною стійкістю;

–для виробництва шлакової пемзи і вати;

– одним з основних споживачів паливного шлаку є дорожнє будівництво, де його використовують як засипку при спорудженні основи доріг, для приготування асфальтобетону;

– золу використовують як наповнювач для виробництва мастик рулонних покрівельних матеріалів;

– на золо відвалах золошлакові відходи використовують для спорудження вторинних дамб.

Новітні технології утилізації золи:

– летюча зола в асфальті.

Гарячий асфальт широко застосовується для покриття автомобільних доріг і особливо доріг з великим навантаженням. Асфальт виробляють шляхом нагрівання суміші мінеральних компонентів наповнювачів і бітуму до високої температури. Потім суміш укладають і коткують. Як правило, в якості заповнювача використовується вапняковий пил. Заміна її летючої золою покращує властивості покладеної суміші в порівнянні із звичайним асфальтом: зменшує щільність і підвищує довговічність. Також варто враховувати економію енергії. Летюча зола (ЛЗ) також використовується в пінобітумних продуктах, де за рахунок сферичності частинок золи можна знизити витрату бітуму;

– ксеносфери.

При заповненні відстійника невелика частина золи (1–2 %) залишається на поверхні. Це ксеносфери - порожнисті частинки силікатного скла, які розширилися. Основні характеристики – розмір від мікрон до міліметрів, наднизькою щільності, низької теплопровідності, високої міцності, стійкості до кислот і низьке вміщення. Основне

застосування цього матеріалу – інертний заповнювач, який покращує реологію заповнювачів, як в сухому, так і в мокрому способах застосування. Таким чином, вони застосовуються в звичайних пластмасах, склопластиках, вогнестійкої облицюванні і майже у всіх областях, де застосовуються традиційні наповнювачі;

– заповнювачі.

Основною областю застосування золи є будівельна промисловість, де потреби ринку задовольняють великими обсягами виробництва. Зола у великій кількості використовується як заповнювачі, а також в сільському господарстві. Зола використовується в якості добавки в заповнювачах і ізоляційних матеріалах з метою мінімізації усадки. У деяких ситуаціях зола використовується в якості наповнювача в складі лакофарбових матеріалів;

– сільське господарство.

Крім органічного вуглецю та азоту до складу золи входять більшість елементів, які входять до складу ґрунту, що й обумовлює використання ЛЗ в сільському господарстві. Зола підвищує якість ґрунту і врожаю, особливо на поганих землях. Таким чином, властивості ґрунту можуть бути поліпшені за рахунок поліпшення текстури, зміни щільності, збільшення вологого заміщення, нейтралізації кислотності і зниження нерівному поверхні.

ЛЗ позитивно впливає на ріст і врожайність. Добрива на основі золи продаються в багатьох країнах, включаючи США. Добрива на основі ЛЗ і відходів систем десульфуризації димових газів особливо цінні через наявність важливих поживних речовин і для нейтралізації кислих ґрунтів. Кілька видів таких добрив доступні на ринку;

– аерована кераміка.

Експериментальні розробки в США і Великобританії показали, що зола може використовуватися при виробництві аерованої кераміки шляхом додавання невеликих кількостей пінного агента і інших матеріалів.

Важливими областями застосування також є аерокосмічна промисловість, садівництво; виробництво дорожнього покриття, шпаклівки, матеріалів для ремонту бетону, а також добавок в ізолюючі матеріали і вогнетривку глину.

Для визначення можливості та напрямів використання золи необхідно знати її фізичні та хімічні властивості. Хімічний склад золи впливає на її здатність до вилуговування, а також визначає її поведінку при старінні. Фізичні властивості золи (такі, як дисперсність, гідравлічна провідність, щільність, міцність, несуча здатність і ін.) впливають на характеристики міцності та експлуатаційні властивості одержуваних будівельних матеріалів на її основі.

Найбільш важливими є випробування, при яких визначається здатність до вилуговування різних складових золи. Вони дозволяють визначити поведінку золи та її похідних при експлуатації.

Однак, незважаючи на очевидні вигоди і перспективи широкого застосування золи та шлаку ТЕС, у вітчизняній практиці їх використовують явно

недостатньо: в США, наприклад, утилізують 20 % золи ТЕС, у Франції – 62 %, у ФРН – до 76 %, об'єм використання золошлакових відходів у нашій країні не перевищує 10 % [9]. У числі головних причин, які визначають низький рівень утилізації ЗШВ і стримують подальше підвищення рівня їх використання до середньоєвропейського, є відсутність в країні технічної політики та системного підходу при вирішенні зазначеної проблеми і, отже, відсутність економічної зацікавленості галузей народного господарства.

Утилізація золи і шлаків вимагає вирішення цілого комплексу питань – від розробки технічних умов на їх застосування, технологічних ліній їх переробки, транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів – до перебудови психології господарників відносно використання вторинних мінеральних ресурсів [10].

Потенціал використання ЗШВ в Україні та у світі.

Золошлакові відвали на більшості електростанцій переповнені. Якщо нічого не робити – ці електростанції потрібно буде зупинити і виводити з енергосистеми в найближчі роки. Золошлаків утилізується і використовується тільки 10 %, або близько 2,5 млн. т/рік, ще 22,5 млн. тонн ЗШВ щорічно розміщується в золовідвалах ТЕС на додаток до накопичених раніше 1,5 млрд. тонн.

Для порівняння: у Німеччині та Данії застосування ЗШВ у виробництві будівельних матеріалів досягло практично 100 % їх річного виходу, при цьому в Німеччині взагалі заборонено мати золошлакові відвали. До 50–70 % річного виходу ЗШВ використовують в США, Великобританії, Польщі, Китаї. Зміни, внесені до законодавства Індії, призвели до підвищення в країні обсягів утилізації ЗШВ з 29,6 % річного виходу в 2003–2005 роках до 53 % в 2009–2011 роках, що склало близько 70 млн., т/рік [11].

Основна мета енергетики – не переробка всього обсягу ЗШВ, а створення об'єктивних умов для їх максимального використання в процесі виробництва товарної продукції, в тому числі і на власних виробництвах.

Для успішного вирішення проблеми утилізації золошлаків і нанесення мінімального екологічного збитку навколишньому середовищу при створенні і модернізації систем ЗШВ насамперед необхідно дотримуватися такі основні принципи:

- роздільне видалення золи та шлаку;
- можливість 100 %-го збору та відвантаження сухої золи;
- екологічно прийнятні способи розміщення незатребуваної частини сухої золи і шлаків (грануляція, заповнення гірничих виробок і кар'єрів та ін.);
- вдосконалення обладнання і схемних рішень окремих вузлів, установок та системи ЗШВ;
- максимальна механізація і автоматизація технологічних процесів.

Використання великотоннажних твердих відходів промисловості є великим державним завданням, що вирішує питання пріоритетів

подальшого розвитку національної економіки та охорони навколишнього середовища, і має на меті :

- підвищення ефективності використання матеріальних і енергетичних ресурсів;

- зменшення техногенного впливу і його наслідків на навколишнє середовище і поліпшення екологічної обстановки;

- вишукування можливостей використання відходів як сировини для різних галузей аграрно-промислових комплексів .

Динаміка величини накопичення золошлакових відходів теплоенергетики свідчить про тенденцію збільшення або в кращому разі збереження на постійному рівні їх кількостей в структурі промислового комплексу України.

Поблизу великих теплоенергетичних комплексів, що працюють на твердому паливі, актуальним, тому є залучення в техногенний кругообіг вторинних ресурсів (золи та шлаку). Основним традиційним напрямком у цій галузі є використання золошлакових відходів :

- як компонент при виробництві портландцементу та плінкерів ;

- як заміника частини піску при виробництві силікатної цегли і бетону ;

- в якості сировини для виробництва легких заповнювачів в будівництві.

Для обробки економічно ефективних організаційно-технічних рішень був вивчений зарубіжний досвід розвинених країн з проблеми використання золи ТЕС.

Принципова ідеологічна різниця: у розвинених країнах золошлаки називаються побічним продуктом ТЕС і електростанції здійснюють передпродажну підготовку продукту, доводячи її характеристики до вимог офіційних будівельних нормативних документів .

В Україні золошлаки офіційно називають відходами, та електростанції пропонують споживачам саме відходи, а не технологічно доопрацьований продукт з відповідністю його характеристик вимогам будівельних нормативних документів.

У Західній Європі і Японії при ТЕС практично ліквідовані золовідвали . Суха зола надходить у силоси, побудовані поруч з головними корпусами ТЕС. Наприклад, у Німеччині на багатьох електростанціях ємність силосів становить 40–60 тис. т, і обов'язково будуються невеликі силоси з добовою і дводобовою ємністю, з яких відбираються проби для лабораторного аналізу золи, і в яких вона технологічними методами перемішування і об'ємного дозування за фракційним складом доводиться до відповідності нормативним вимогам, після чого зола перераховується в силоси-сховища.

У Німеччині функціонує найбільша на Європейському континенті фірма з використання зол ТЕС – Bau Mineral (BM) – дочірня фірма енергосистеми. Ця компанія – сполучна ланка між ТЕС і будівельною індустрією.

Використання летючої золи – найважливіший показник рівня технічного розвитку енергетики та

будівництва.

Області використання: добавки в бетон, розчин, цемент, силікатні вироби, виробництво цегли, підземне і дорожнє будівництво.

У США будівельники законодавчо зобов'язані застосовувати золу ТЕС в бетонах і розчинах. Порухники піддаються економічних санкцій з боку держави. Часто ТЕС доплачує споживачеві за відбір золи.

У Китаї золошлаки ТЕС відпускаються споживачам безкоштовно.

У Польщі застосовуються потужні економічні важелі, стимулюючи використання золошлаків.

Кількість шлаків з року в рік зростає, у міру того як росте і розвивається промисловість. Наукові дослідження та досвід показали, що шлаки можуть стати невичерпним джерелом дешевої сировини, а їх використання дозволить заощадити від 10 до 30 % природних ресурсів, а з іншої сторони, покращити якість будівельних матеріалів: збільшити міцність, морозостійкість, знизити імовірність появи тріщин. Досліди показують, що відходи теплоенергетики є мінеральною сировиною, яка використовується для виробництва цементу та кераміки. При цьому використання ЗШО знижує собівартість виробництва основних будівельних матеріалів (таких як цемент, сухі будівельні суміші, бетон, будівельні розчини, стін бетонні і пінобетонні блоки, цегла, тротуарна плитка, елементи благоустрою) саме менше на 15–20 %. Її можна застосовувати в бетонах – від важкого гідротехнічного до легкого шлакобетону і стінових блоків. Відходи частково замінюють великий і дрібний заповнювач у бетонах. Так, у важкому бетоні зола замінює до 25 % цементу, в легеньких – дозволяє скоротити витрату цементу на 10–15 %, а керамзитового гравію – на 15–20 %. Найбільш ефективним є застосування золи у виробництві таких різновидів цього матеріалу, як пінобетон, газозолобетон, золашлакобетон [12].

І це особливо актуально сьогодні, коли сировинна база будівельної індустрії розширюється за рахунок зростання видобутку природних мінеральних ресурсів. Стратегічною метою має бути перехід на безвідходні технології, залучення у виробництво багатотоннажних техногенних екологічно чистих продуктів.

Застосування ЗШВ в земляному полотні автомобільних доріг сприяє зниженню собівартості робіт і зміни якості місцевих ґрунтів з несприятливими властивостями. Золи і золошлакові суміші мають ряд переваг в порівнянні з ґрунтами, аналогами яких вони є. Вони можуть бути використані самостійно для спорудження земляного полотна або для осушення конструктивних шарів з ґрунтів підвищеної вологості. Крім того, золашлакові суміші рекомендується використовувати в земляному полотні замість пісків або піщано-гравійних сумішей.

ЗШВ можуть використовуватися в сільському господарстві, при витяганні природних ресурсів, як ізолюючий матеріал на полігонах твердих побутових відходів, для гасіння прихованих осередків

майданих пожеж та заповнення гірничорудних виробок при рекультивативі відпрацьованих кар'єрів.

Присутність в золах комплексів цінних елементів дозволяє рентабельно їх перероблювати, що значною мірою знижує витрати на геологічні пошуки рудної сировини, розвідку родовища, видобуток руди, її дроблення, збагачення, транспортування. Собівартість отриманих рідкісних металів з золи нижче на 60 %, ніж видобування їх із промислових руд. При цьому вирішується велика кількість екологічних проблем.

5. Апробація результатів досліджень

Оглядові результати роботи дадуть можливість аналізувати важливість рішення питання, щодо утилізації золошлакових відходів, опираючись на досвід світових країн та лідерів у цій галузі.

6. Висновки

Таким чином, використання золошлакових відходів теплоенергетики треба вважати пріоритетним напрямком. Для досягнення цієї мети доцільно розробити пропозиції щодо технологічного та економічного стимулювання використання ЗШВ з включенням відповідних положень до проекту закону "Про вторинні матеріальні ресурси". Широкомасштабне використання відходів у якості мінеральної сировини залежить від рішення комплексу питань, котрі повинні бути вирішені на державному рівні.

Література

1. Кутовий, В. О. Золівідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля [Текст] / В. О. Кутовий, М. В. Коновальчик, Н. П. Канюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2006. – № 1(2). – С. 90–94.
2. Білявський, Г. О. Основи загальної екології [Текст]: підр. / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С. Фурдуй; 2-е вид., зі змінами. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
3. Бобович, Б. Б. Переработка отходов производства и потребления [Текст] / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткин // Справочное издание. – М.: Интернет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
4. Пронин, С. В. Проблемы утилизации промышленных отходов. Зольные отходы [Текст] / С. В. Пронин // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвуз. сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 6. – С. 37–39.
5. Хлопицкий, О. О. Перспективы развития переработки твердых шлаковых отходов тепловых электростанций у готовых продуктах [Текст] / О. О. Хлопицкий, Н. П. Макаренко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – № 3 (42). – С. 91–93.
6. Иванов, В. В. Физико-химические свойства золошлаковых отходов от сжигания углей [Текст] / В. В. Иванов, И. В. Ивано // Маркшейдер. вестн. – 2008. – № 2 (64). – С. 55–57.

7. Ларичкин, В. В. Комплексная переработка золошлаковых отходов угольных электростанций [Текст] / В. В. Ларичкин, Н. И. Ларичкина, Е. В. Мокроусова // Рециклинг отходов. – 2010. – № 3 (27). – С. 18–20.

8. Борисенко, Л. Ф. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанций [Текст] / Л. Ф. Борисенко, Л. М. Делицын, А. С. Власов // ЗАО «Геоинформмарк». М., 2001 – 68 с.

9. Хлопицкий, А. А. Перспективы утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций [Текст] / А. А. Хлопицкий, Н. П. Макаренко // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2013. – № 1 (1).

10. Сысоев, Ю. М. Перспективы использования золошлаков [Текст] / Ю. М. Сысоев // Комплексное использование зол углей в народном хозяйстве Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1989. – С. 9–10.

11. Радовенчик, В. М. Тверди відходи: збір, переробка, складування [Текст] : навч. пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.

12. Петросов, А. А. Производство цемента из золы тепловых электростанций [Текст] / А. А. Петросов // Горн. журнал. – 2007. – № 11. – С. 50–51.

References

1. Kutoviy, V. O., Konovalchik, M. V., Kanyk, N. P. (2006). Ash dumps power plants as a source of environmental contamination. News Automobile and road Institute, 1 (2), 90–94.
2. Beliavsky, G. A., Padun, N. N., Furdui, R. S. (1995). Fundamentals of ecology. Kiev, Ukraine, Lybid, 368.
3. Bobovich, B. B., Devyatkin, V. V. (2000). Waste of production and consumption. Moscow, Russia, Internet Engineering, 496.
4. Pronin, S. V. (2009). Problems of recycling of industrial waste. Ash waste. Engineering industry and life safety, 1, 37–39.
5. Hlopitskiy, A. A., Makarchenko, N. P. (2013). Prospects for the development processing of solid slag wastes from thermal power plants in the finished products. Proceedings of the Odessa Polytechnic University, 3 (42), 91–93.
6. Ivanov, V. V., Ivanov, I. V. (2008). Physico-chemical properties of ash waste from coal burning. Marksheuder. Vestn, 2 (64), 55–57.
7. Larichkin, V. V., Larichkina, N. I., Mokrousov, E. V. (2010). Complex processing of ash waste from coal-fired plants. Recycling of waste, 3 (27), 18–20.
8. Borisenko, L. F., Delitsyn, L. M., Vlasov, A. S. (2001). Prospects for the use of coal ash in thermal power plant. Moscow, Russia, Geoinformmark, 68.
9. Hlopitskiy, A. A., Makarchenko, N. P. (2013). Prospects for utilization of ash and slag wastes from thermal power plants. Universum: engineering science: electron. the scientific. Journal, 1 (1).
10. Sysoev, Y. M. (1989). Prospects for the use of ash and slag. Complex usage evils of coal in the national economy Irkutsk: Publishing house, 9–10.
11. Radovenchik, V. M., Godel, M. D. (2010). Solid waste: collection, processing, landfilling. Kiev, Ukraine, Condor, 552.
12. Petrosov, A. A. (2007). Cement from fly ash of thermal power plants. Mining journal, 11, 50–51.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Півоваров О. А.
Дата надходження рукопису 15.10.2014*

Хлопицький Олексій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології неорганічних речовин та екології, Український державний хіміко-технологічний університет, пр. Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ, Україна, 49005
E-mail: oxidezr@rambler.ru